ما هي البيولوجيا ؟

الألف كتاب الثانى

الإشراف العام

د. سمير سرحان

رئيس مجلس الإدارة

رئيس التحرير

لمعى المطيعى

مدير التحرير

أحمد صليحة

الإشراف الفنى

محمد قطب

الإخراج الفنى

مجسنة عطية

ما هي الجيولوجيا ؟

تأليف

ويليام هـ . ماثيوز

تعريب

د. مختار رسمي ناشد

أستاذ الجيولوجيا بالمركز القومي للبحوث

الهيئة المصرية العامة للكتاب

١٩٩٥

هذه هى الترجمة العربية الكاملة لكتاب : -

GEOLOGY MADE SIMPLE

by

W. H. Matthews III

Doubleday & Co.

الفهرس

الجزء الأول : الجيولوجيا الفيزيائية :

الفصل الأول : كوكبنا الأرض ١٣

الفصل الثانى : تكتونية الألواح ٢٧

الفصل الثالث : المعادن ٤٤

الفصل الرابع : الصخور النارية والظاهرة البركانية . . . ٧٧

الفصل الخامس : الصخور الرسوبية ١٠١

الفصل السادس : التحول والصخور المتحولة ١٠٩

الفصل السابع : تشوه صخور القشرة ١١٥

الفصل الثامن : التجوية وتكوين التربة ١٢٥

الفصل التاسع : الماء الجارى ١٣٣

الفصل العاشر : المياه الجوفية ١٤٧

الفصل الحادى عشر : المثالج والفعل الجيولوجى للجليد . ١٥٧

الفصل الثانى عشر : تبدد الكتل والتحات بالرياح . . ١٦٩

الفصل الثالث عشر : المحيطات والشواطىء . . . ١٧٩

الفصل الرابع عشر : البحيرات والمستنقعات . . . ١٩٣

الفصل الخامس عشر : الزلازل والتركيب

الداخلى للأرض . . . ٢٠١

الفصل السادس عشر : السهول والهضاب والجبال . . ٢١٧

الفصل السابع عشر : المعادن ومصادر الطاقة . . . ٢٢٣

الجزء الثانى : الجيولوجيا التاريخية :

الفصل الثامن عشر : اصل الأرض وعمرها الجيولوجى . ٢٣٣

الفصل التاسع عشر : السجلات التى فى الصخور . ٢٤٣

الفصل العشرون : الحياة فى العصور القديمة . ٢٥٩

الفصل الحادى والعشرون : التطور وتغير اشكال الحياة . ٢٨٧

الفصل الثانى والعشرون : تاريخ الأرض . ٢٩٣

الفصل الثالث والعشرون : التاريخ الجيولوجى للمجموعات الانسانية . ٣١٩

ملاحق :

ملحق أ : نصائح للهواة . ٣٢٥

ملحق ب : ثبت المصطلحات : انجليزى ـ عربى . ٣٣٣

عربى ـ انجليزى . ٣٧١

ملحق جـ : قائمة المراجع المختارة . ٣٨٧

مقدمة

منذ صدور الطبعة الأولى من هذا الكتاب قامت ثورة فى كافة فروع علوم الأرض كالجيولوجيا والجيوفيزياء وكافة العلوم المرتبطة بهما ، فقد أمكن جمع معلومات جديدة من صور الأقمار الصناعية ، ومن استكشاف القمر ، ودراسة قيعان المحيطات ، ومن الأبحاث المعملية .

وبالاضافة لما سبق فان نظرية تكتونية الألواح ، وما لها من تفسيرات مهمة لظاهرتى نزوح القارات وتوسع قاع المحيط ، قد أحدثت انقلابا فى تفكير الجيولوجيين فيما يتعلق بمناخ الأرض القديم والحياة فى العصور السابقة لوجود الانسان ، ومواقع المحيطات والقارات خلال تاريخ الأرض ، ويحتل دور تكتونية الأرض (وعلاقته بتفهم ظواهر البراكين والزلازل والتنبؤ بها) اهمية خاصة ، وهذه الأفكار الحديثة (وغيرها كثير) قد شملتها هذه الطبعة من الكتاب ، حتى يستطيع القارىء أن يتفهم بطريقة افضل دور الجيولوجيا فى التعرف على طبيعة هذا الكوكب الذى نستوطنه ، وأهمية حفظ مصادره المعدنية التى تتضاءل بسرعة مع مرور الزمن، كما انها غير قابلة للتجدد .

ويليام هـ. ماثيوز (الحفيد)

بومونت ـ تكساس

(الولايات المتحدة)

٩ فبراير ١٩٨١

تصدير

هذا الكتاب لا يقدم ملخصا فى العلوم الجيولوجية فحسب ، ولكنه يعتبر مرجعا صغيرا لهذه العلوم ، اذ يشمل آخر النظريات فى أسباب حدوث الزلازل والبراكين ، ونظرية تكتونية الألواح ، ومصادر الطاقة التقليدية والطاقة النووية ، وأسباب انقراض بعض المجموعات الحيوانية فى العصور السالفة ٠

وغنى عن البيان ذكر مدى الصعوبات التى تقابل من يقوم بترجمة كتب علم الجيولوجيا (وما يماثله من علوم أخرى) ، ولعل هذا هو السبب المباشر فى ندرة المعروض منها فى مكتباتنا العربية ٠

ونظرا لأن تدريس الجيولوجيا باللغة العربية قد أصبح منتشرا فى دول عربية عديدة فى كل من المشرق والمغرب العربى (ونرجو له أن يسود كل الدول العربية فى المستقبل القريب) ، فان الحاجة تتزايد لكتاب يشمل ملخصا وافيا ومبسطا لكل أبواب علم الجيولوجيا بحيث يمكن تدريسه فى المرحلة الأولى من التعليم الجامعى ، فضلا عن كونه مرشدا لكل من يرغب فى الاحاطة بالتطبيقات الممكنة لهذا العلم وعلاقته بالعلوم الأخرى ٠

وقد استخدم المعرب المصطلحات الواردة فى « معجم الجيولوجيا » الصادر عن مجمع اللغة العربية بالقاهرة عام ١٩٨٢ م (الطبعة الثانية) ، كما استعان بقاموس الجيولوجيا المصور والصادر عن مكتبة لبنان ببيروت عام ١٩٨٤ ، وبقواميس فى علوم الحيوان والنبات والجغرافيا وقواميس عامة أيضا ، وقد راعى اختيار الألفاظ المعبرة عن المعانى بطريق مباشر ، كما اهتم بترجمة المعنى أكثر من اهتمامه بالترجمة الحرفية ، وذلك فى حدود ما يقصده المؤلف ٠ كما زود هذه الترجمة ببعض الحواشى الاضافية التى تعطى فكرة عن مدى انتشار بعض الصخور والخامات المعدنية ، كذا بعض الأحداث الجيولوجية فى بعض البلاد العربية وذلك على قدر البيانات المتاحة للمعرب ٠

ولعل هذا العمل يسد نقصا فى المكتبة العربية ، ويقدم خدمة لطلبة الجامعات فى فروع الجيولوجيا والكيمياء والفيزياء والهندسة والزراعة والجغرافيا ، كما يفيد فى تذكرة اساتذة العلوم بالمدارس الثانوية ، كما يقدم اساسا علميا لهواة جمع المعادن والصخور والحفريات ، ويرجى للمثقف العادى ان يستفيد منه ايضا ٠

وارجو أن اتوجه بالشكر الجزيل لكل من ساهم فى اعداد ومراجعة واخراج هذا الكتاب ٠

والله الموفـــــق ٠٠٠

د٠ مختار رسمي ناشد

القاهرة ، سبتمبر ١٩٩٣

الجـــزء الأول

الجيولوجيا الفيزيائيّة

الفصل الأول

كوكبنـا الأرض

هذه الأرض التى نعيش عليها تبدو كبيرة الأهمية بالنسبة لنا ، ومع ذلك فان معظمنـا لا يعرف الكثير عن تركيب وتاريخ هـذا الكوكب الذى نستوطنه ، والذى نستمتع بما تنتجه لنا الإنواع المختلفة من التربة التى نتجت من تجوية صخوره ، كما نستفيد من النفط الذى تكون من بقـايا نباتية وحيوانية عاشت منذ ملايين السنين ، والأحجار الكريمة ذات الجمال الرائع ، وهذه كلها تعتبر جزءا صغيرا من المواد المفيدة والثمينة التى يمدنا بها كوكب الأرض .

ويمكن أن نفكر أيضا فى مدى أهمية المنتجات الأرضية فى تطوير الصناعة الحديثة ، اذ أن مصادرنا العديدة للرصاص والحديد والفحـم الحجرى والنفط هى كلها مأخـوذة من الأرض ، وقد أصـبح من الممـكن الحصول على هذه المواد بتطبيق علوم الجيولوجيا الأساسية والجيولوجيا الهندســية .

وتمدنا الأرض أيضا بتلك المناظر الطبيعية ذات الجمال الأخاذ ، ومن منا لا يدهش عندما يستنشق هواء « الجران كانيون » أو يطلع على أسرار الكهوف الكبيرة والأعاجيب الطبيعية فى « يلوستون » أو « يوزيميت » (١) وكل هذه الأماكن (وغيرها كثير) هى نتاج العـوامل الجيولوجية التى مازالت تعمل داخل الأرض وعلى سطحها الى يومنا هـذا ، وهى نفس العوامل التى بدأت فى تشكيل الأرض منذ أن تكونت منذ أكثر من ٤٦٠٠ مليون سنة .

---

(١) أسماء أماكن بها مناظر طبيعية خلابة بالولايات المتحدة ، وتوجد أيضا فى البلاد العربية مناظر ساحرة شبيهة بالتى ذكرها المؤلف ـ (المعرب)

طبيعة علم الجيولوجيا ومجالاته

ما هى الجيـولوجيا ؟

لقد اشتق هذا اللفظ من الكلمة الاغريقية « جيو » وتعنى الأرض ، ثم « لوجوس » بمعنى منطق او علم ، وبهذا تكون الجيولوجيا هى العـلم الذى يتكلم عن اصل وتراكيب وتاريخ الكرة الأرضية والكائنات التى عاشت عليها وتركت سجلا فى صخورها .

ولا يعتبر الجيولوجى ان الأرض هى الكوكب الذى نعيش على سطحه فحسب . ولكنها ايضا تقدم مصدرا دائما نتعلم منه اشياء كثيرة مثـل الزلازل والبراكين والمثالج ونزوح القارات ومعنى الحفريات ، وما مقدار عمر الأرض ؟ ومن اين اتت ؟ ومم تتـكون ؟ ... وللاجـابة على هـــذه الأسئلة كان على علماء الجيولوجيا ان يدرسوا دلائل الأحداث التى جرت منذ ملايين السنين ، كما وجب عليهم ان يربطوا معلوماتهم بنتائج الأحداث التى تجرى الآن ، وعلى سبيل المثال فان الجيولوجيين يحاولون ان يعينوا مواقع وامتدادات المحيطات القديمة والسلاسل الجبلية ، وان يقتفوا اثر تطور الحياة كما هو مسجل فى الصخور فى العصور المختلفة ، ويدرسوا ايضا تركيب الصخور والمعادن التى تكون القشرة الأرضية فى محـاولة لتحديد مواقع الخامات الاقتصادية وتقييمها حيثما تكون .

ولكى يتابع الجيولوجيون دراسة الكرة الأرضية فانهم يعتمدون كثيرا على العلوم الأساسية الأخرى ، وعلى سبيل المثال فان علم الفلك (الذى يتعلق بدراسة طبيعة وحركة الكواكب والنجوم وسائر الأجرام السماوية) يخبرنا عن وضع الأرض فى الكون ، كما انه اعطى نظريات عديدة عن اصل كوكبنا ، اما الكيمياء (وهى العلم الذى يختص بدراسة تركيب المواد وما يحدث لها من تغيرات) فانها تستخـدم لتحليل ودراســة الصخـور والمعادن فى القشرة الأرضية ، وعلم الفيزياء (وهو دراسة طبيعة المواد والحركة) فانه يساعد فى تفسير انواع القوى الفيزيائية التى تؤثر عـلى الأرض ورد فعل المواد الأرضية لهذه القوى .

ولكى نفهم طبيعة النباتات والحيـوانات التى عاشت فى الأزمنـة القديمة فاننا نلجأ لعلوم الحياة التى تشمل دراسة كل الأنواع الحية ، ويمدنا علم الحيوان بالمعلومات عن الحيوانات كما يعطينا علم النبات ادراكا لطبيعة النباتات القديمة ، وباستخدام هذه العلوم (وعلوم اخرى ايضا) يستطيع الجيولوجى ان يبذل جهده من أجل تفهم المسائل المعقـدة واللازمة لدراسة الكرة الأرضية وتاريخها .

ومجالات علم الجيولوجيا متسعة ، ولذلك فقد قسمت الى قسمين كبيرين : الجيولوجيا الفيزيائية والجيولوجيا التاريخية، ولتسهيل الدراسة فقد قسم كل من هذين القسمين الى عدد من الفروع المتخصصة .

ويستخدم مصطلح « علم الأرض » عموما فيما يتصل بدراسة الكرة الأرضية ، وبالرغم من أن علم الأرض يشتمل على دراسة علم الجيولوجيا، فانه يحيط أيضا بعلم الظواهر الجوية Meteorology (دراسة الغلاف الجوى) وعلم المحيطات Oceanography وعلم الفلك Astronomy .

الجيولوجيا الفيزيائية :

تعنى الجيولوجيا الفيزيائية بمكونات الأرض وتركيبها والحركات التى تحدث داخل القشرة الأرضية وعلى سطحها ، وبالعوامل الجيولوجية التى تسبب تغيير شكل سطح الأرض .

وهذا القسم الشامل هو أحد قسمى علم الجيولوجيا ، ويحتوى على علوم اساسية فرعية مثل علم المعادن Mineralogy وعلم الصخور Petrology ، وهذان الفرعان يمداننا بكثير من المعلومات المطلوبة عن مكونات الأرض ، ويضاف الى هذين العلمين علم الجيولوجيا التركيبية Structural Geology الذى يشرح نظام وترتيب الصخور داخل الأرض ، وعلم الجيومورفولوجيا Geomorphology الذى يفسر أصل ملامح سطح الأرض ، وهناك فرع مهم فى الجيولوجيا الفيزيائية وهو الجيولوجيا الاقتصادية Economic Geology وهو دراسة المنتجات الاقتصادية للقشرة الأرضية وتطبيقاتها فى الأغراض التجارية والصناعية ، وهناك فروع اخرى مهمة مثل « جيولوجيا المناجم » و « جيولوجيا البترول » (كما أن هناك فروعا عديدة تابعة للجيولوجيا الفيزيائية وسوف تناقش فى مكان آخر فى هذا الكتاب) .

وهذه الفروع التابعة للجيولوجيا الفيزيائية تمكن الجيولوجى من عمل دراسات مفصلة فى مجالات « علم الأرض » : وتعطينا المعرفة التى نحصل عليها من هذه الدراسات تفهما افضل عن الحالة الفيزيائية لكوكب الأرض ، وقد ساعدت هذه الفروع الجيولوجية ايضا فى تطوير نظرية « تكتونية الألواح » وفى ايجاد علاقة بين الأرض والأجرام الأخرى فى المجموعة الشمسية .

الجيولوجيا التاريخية :

يشمل هذا العلم اصل الأرض وما عليها من كائنات وتطورها ، وكما في حالة الجيولوجيا الفيزيائية فان الجيولوجيا التاريخية تغطى مجالات عديدة ، ولذلك فهى تنقسم الى عدة فروع ٠ وكل فرع منها يعتبر علما فى حد ذاته ، ويمكن أن يكرس بعض الناس كل حياتهم العلمية للتخصص فى علم واحد منها ٠

ولاتمام دراسة التاريخ الجيولوجى فى منطقة ما فان الجيولوجى يستخدم علم الطبقات أو الاستراتيجرافيا Stratigraphy الذى يختص بدراسة أصل ومكونات وترتيب ومضاهاة طبقات الصخور ، ويمدنا علم الحفريات Paleontology (الذى يختص بدراسة الكائنات القديمة كما تظهرها بقاياها وآثارها المتحجرة) بخلفية عن تطور الحياة على الأرض٠ ويقدم علم الجغرافيا القديمة Paleogeography وسيلة لدراسة الظروف الجغرافية فى الأزمنة السابقة ، ويمكن بها أن نتصور العلاقات بين اليابسة والبحار فى العصور القديمة والكائنات التى استوطنتها ٠

ومعظم فروع الجيولوجيا التاريخية (كما هو الحال فى الجيولجيا الفيزيائية) قد تتداخل فى بعض الأجزاء كما قد يعتمد كل فرع على الآخر، وقد يستخدم دارس الجيولوجيا الفيزيائية كلا من علمى المعادن والصخور ليبين أنواع الصخور الموجودة وكيف تكونت ، كما يستخدم دارس الجيولوجيا التاريخية نفس الصخور ليتاكد من نوعية الحيوانات والنباتات التى كانت تعيش فى الزمن الذى ترسبت فيه هذه الصخور ، والظروف التى عاشت فيها ونوعية المناخ الذى كان سائدا ، وهكذا فان توجيه جهود دراسات الجيولوجيا الفيزيائية والجيولوجيا التاريخية يعود فى النهاية بتفهم أفضل عن مكونات الأرض وتاريخها ٠

الجيولوجيا من حولنا :

كيف نتمكن من زيادة ادراكنا عن هذا الكوكب الأرضى الخلاب والقصص التى تقرؤها مدونة فى صخوره ؟ فى الواقع أن هذا الأمر بالغ السهولة لأن الجيولوجيا تعنى دراسة كل ما نراه من حولنا ، وبالنسبة للجيولوجى فان « معمله » هو كل الخلاء خارج بيته ، وكلما تمشينا فى أى منطقة أو أنطلقنا بسيارة فى أى طريق خارج المدينة فاننا نصبح على اتصال وثيق بالعوامل والمواد الجيولوجية ٠

وعلى سبيل المثال اذا ما التقطنا قطعة من الحجر الجيرى العادى فقد نجد فيه بعض الحفريات ، وهذه الحفريات قد تمثل بصورة جيدة بقايا حيوانات كانت تعيش فى بحر قديم كان يغطى هذه المنطقة ٠

او ربما تتمشى على شاطىء نهر ، فيمكنك أن تلاحظ وجود الطمى الذى تركه الفيضان الأخير على الشاطىء ، وهذا يصور قدرة المياه الجارية على ترسيب المواد التى لم تتحول بعد الى صخور ، لاحظ ايضا كيف أن التيارات السريعة قد جرفت شواطىء النهر ، وقد تزال التربة بعوامل التحات Erosion ، وهى عوامل جيولوجية لها فعل مهم جدا فى تشكيل ملامح سطح الأرض ٠

وربما ترى منطقة مغطاة بتربة سوداء خصبة تحمل محصولا جيدا للقطن او القمح ، ولقد يدهشك أن تعلم أن هذه التربة الداكنة الخصبة قد اشتقت من الحجر الجيرى الطباشيرى الأبيض الذى يوجد أسفلها (٢)، وهذا يذكرك مرة اخرى باهمية المواد المكونة للأرض فى حياتنا اليومية ٠

وفى العصر الحديث اصبح هناك اهتمام ملحوظ بعلم الأرض ، وهذا ليس غريبا لأن الناس أصبحوا اكثر دراية باهمية علم الجيولوجيا فى حياتهم اليومية ، وستصبح الجيولوجيا اكثر أهمية فى المستقبل اذ أن المصادر المعدنية المنتجة للطاقة والامدادات العالمية للمعادن الصناعية والفلزية ستصبح أكثر ندرة ٠

وفى نفس الوقت فقد زاد زوار المتاحف ومن يلتحقون بأندية هواة جمع الصخور والمعادن ، ومن يقومون برحلات فى الخلاء والمتاحف والأماكن الطبيعية ، ومن يدرسون مقررات فى علم الأرض فى المدارس العليا والمعاهد والجامعات ، وكلهم يتعلمون أنه حتى المعرفة العابرة بعلم الجيولوجيا تجعل الأرض التى نعيش عليها مكانا اكثر اثارة للاهتمام ٠

كوكب الأرض

كانت الأرض وعلاقاتها مع النجوم والكواكب الأخرى (وكذلك الأفكار الخاصة بكيفية تكونها) مصدر جذب لغريزة حب الاستطلاع لدى الناس قبل الميلاد الحقيقى لعلم الجيولوجيا بوقت طويل ، وبالرغم من أن

---

(٢) هذا مثال للتربة المتبقية المشتقة من الصخور التى تقع أسفلها مباشرة ، وهى تختلف عن التربة المنقولة التى تجلبها بعض الأنهار مثل نهر النيل ـ (المعرب) ٠

هذه الدراسات هى أقرب لعلم الفلك ، فان احاطة مختصرة عن الأرض وعلاقاتها بالكواكب الأخرى سوف تمد القارىء ببعض المعرفة عن مكانة الأرض فى الكون ٠

الأرض فى الفضاء :

تعتبر المجرات (المجرة هى تجمع على شكل قرص يحتوى على ملايين أو بلايين النجوم) هى المكونات الغالبة للكون ، ويقدر الفلكيون ان هناك أعدادا كبيرة من المجرات Galaxies فى الفضاء الخارجى ، ولكن مجرة واحدة فقط تعرف باسم درب التبانة Milky Way سوف تناقش هنا وهى التى ينتمى اليها كوكب الأرض ، وهذه المجرة (التى تحتوى على كل النجوم التى نراها بعيوننا المجردة) تتخذ شكل العدسة وتحتوى على بلايين النجوم ومنها الشمس التى نعرفها ٠

وشمسنا عبارة عن كتلة كبيرة من المواد الغازية (مثلها فى ذلك مثل النجوم الأخرى) يصل قطرها الى ١٤٠٠٠٠٠ كيلو متر وتقع فى منتصف المسافة بين مركز وحافة درب التبانة ، والشمس مهمة لنا لأنها مركز المجموعة الشمسية ، وهى المجموعة التى تضم الشمس وتسعة كواكب تدور حولها وآلاف الكويكبات والمذنبات والشهب ٠

والكواكب Planets (وهى أكبر الأجرام الصلبة فى المجموعة الشمسية) تدور كلها فى مستوى واحد حول الشمس ، وعددها تسعة وهى (حسب ترتيب قربها من الشمس) عطارد والزهرة والأرض والمريخ والمشترى وزحل وأورانوس ونبتون وبلوتو ٠

وحول معظم الكواكب توجد أجرام صغيرة تسمى أقمارا Satellites or Moons ، وهى تدور حول الكوكب الذى تقع بالقرب منه ، والقمر القريب من الأرض يدور حول كوكبنا مرة كل شهر تقريبا ، وبعض الكواكب (عطارد والزهرة وبلوتو) ليس لها أقمار ، أما المشترى (وهو أكبر الكواكب) فحوله أربعة عشر قمرا ٠

وتقع بين مدارى المريخ والمشترى مجموعة من آلاف الأجسام الكوكبية تعرف باسم الكويكبات Asteroids or Planetoids ، وهذه المجموعة تدور حول الشمس كما تفعل الكواكب الأخرى تماما ٠

والشهب Meteors (وهى أجسام تشبه كتل الصخور وتسبح فى الفضاء) تصبح ساخنة جدا بمجرد أن تخترق الغلاف الجوى للأرض ، وهذه تسمى « القذائف النجمية » ، وهى تحترق فى العادة بفعل الحرارة

قبل وصولها الى سطح الأرض ، ومع ذلك فان بعضها يصطدم بالأرض على شكل نيازك Meteorites .

وتحتوى المجموعة الشمسية أيضا على أجسام فلكية كبيرة تضيء بذاتها تسمى المذنبات Comets ، وعندما تقترب المذنبات من الشمس فان سكان الأرض يتمكنون من رؤيتها ، ولأنها لسوء الحظ ذات مدارات منحرفة (ليس لها مركز واحد) فاننا نراها على فترات متباعدة ٠

شكل الأرض وحجمها وحركتها :

قلنا من قبل ان الكرة الأرضية تنتمى الى الكواكب التسعة التى تكون المجموعة الشمسية ، وهى أكبر الكواكب الأربعة التى تكون المجموعة الداخلية (وهى عطارد والزهرة والأرض والمريخ) وثالث الكواكب قربا للشمس (شكل ١) ٠

شكل الأرض :

تتخذ الأرض شكلا شبه كروى مبطط قليلا ، أى أنها قريبة جدا من شكل الكرة ، الا أنها مسطحة قليلا عند القطبين ، وهذا التسطح الذى يصاحبه انبعاج عند خط الاستواء قد نتجا من قوة الطرد المركزية بسبب دوران الأرض ٠

حجم الأرض :

بالرغم من أن حجم الأرض كبير جدا الا أن المشترى وزحل وأورانوس ونبتون لها أقطار استوائية أكبر ، ويبلغ قطر الأرض بين القطبين حوالى ٧٠٠ ١٢ كيلو متر (ويزيد قطرها عند خط الاستواء بمقدار ٤٣ كيلو مترا تقريبا بسبب الانبعاج المذكور) ، ويبلغ طول محيط الأرض حوالى ٠٠٠ ٤٠ كيلو متر كما تصل مساحة سطحها الى حوالى ٥١٠ مليون كيلو متر مربع ، وتصل مساحة اليابسة الى ١٣٢ مليون كيلو متر مربع فقط (أى ٢٩٪ من سطح الأرض الكلى) أما الجزء الباقى والذى يصل الى ٧١٪ من السطح الكلى فانه مغطى بالماء ٠

حركات الأرض :

سبق أن تعلمنا أن كل من الكواكب يدور فى فلكه حول الشمس فى مدة معينة ، وبالاضافة الى دوران الأرض حول الشمس فانها تدور أيضا حول نفسها ٠

دوران الأرض :

تدور الأرض حول محورها (وهو أقصر قطر لها يصل بين القطبين) وهذه الحركة اللافة تسمى « دوران الأرض » ، وتدور الأرض من الغرب الى الشرق وتصنع دورة كاملة كل يوم ، وهذه الحركة الدورانية هى التى تعطينا تعاقب الضوء والظلام والذى نعرفه باسم النهار والليل ٠

سبق الأرض : Earth Precession

اثناء دوران الأرض يحدث لها سبق اى أنها ترف ، وهذه الرفة لها علاقة بحقيقة ميل محور الأرض بزاوية قدرها ٥ر٢٣ درجة ، وهذه الرفة بطيئة جدا حتى ان الأرض تستغرق ٠٠٠ ٢٦ سنة لتكمل رفة واحدة ، وهذا الميل فى محور الأرض هو المسئول ايضا عن حدوث الفصول ٠

دوران الأرض حول الشمس :

تدور الأرض حول الشمس فى مدار بيضاوى (قريب من الدائرى) مرة كل ٢٥ر٣٦٥ يوما تقريبا ، وخلال هذه الفترة (أى السنة الشمسية) تتحرك الأرض بسرعة تزيد على ٩٦٠٠٠ كيلو متر فى الساعة ، ومتوسط بعدها عن الشمس ١٤٩٦٠٠ مليون كيلو متر ٠

وبالاضافة الى دوران الأرض حول نفسها وحـــول الشمس فان المجموعة الشمسية كلها تسير فى اتجاه النجم « فيجا » بسرعة حـوالى ٦٤٤ مليون كيلو متر فى السنة ٠

الأقســـام الرئيسية للأرض :

تتكون الأرض من الهواء والماء واليابسة ، والتى نتعرف عليهـــا بمصطلحات هى الغلاف الجـــوى Atmosphere الذى يحيط بالأرض والغلاف المائى Hydrosphere وهو الماء الذى يملأ المنخفضات ويغطى ٧١٪ من سطح الأرض ، ثم الغلاف الحجرى أو الليثوسفير Lithosphere وهـو الجـــزء الصـخرى الصلب الذى يقع أسـفل الغلافين الجـــوى والمـــائى ٠

الغـــلاف الجـوى :

وهو الجزء الغازى من الكرة الأرضية ، ويبلغ سمكه الرأسى عـدة

مئات من الكيلو مترات فوق مستوى سطح البحـــر ، وهـــو خليط من النيتروجين والأكسجين وثانى اكسيد الكربون وبخار الماء وغازات اخرى (أنظر جدول ١) ٠

جدول (١) النسبة المئوية الحجمية للغازات الموجودة فى الهـــواء النقى الجـــاف ٠

(لاحظ أن النيتروجين والأكسجين يكونان ٩٩٪ من الحجم الـكلى للغـازات الجـوية) :

الغاز	النسبة	الغاز	النسبة
النيتروجين	٧٨٫٠٨٤	الميثان	٠٫٠٠٠٢
الأكســجين	٢٠٫٩٤٦	الكريبتون	٠٫٠٠٠١١٤
الأرجــون	٠٫٩٣٤	الهيدروجين	٠٫٠٠٠٠٥
ثانىاكسيدالكربون	٠٫٠٣٣	اكسيد النيتروز	٠٫٠٠٠٠٥
النيــون	٠٫٠٠١٨١٨	الزينــون	٠٫٠٠٠٠٠٨٧
الهيليوم	٠٫٠٠٠٥٢٤		

ومن المهم جدا للجنس البشرى أن تجعل مكونات الغـلاف الجوى الحياة ممكنة فوق كوكبنا ، وبالاضافة الى ذلك فان الغلاف الجـــوى يعمل كعازل يحمينا من حرارة الشمس ، وكدرع لنا ضد قذائف الشهب٠ كما أنه يسهل تبخر وتكثف بخار الماء ، والغلاف الجوى عامل جيولوجى مهم (انظر الفصل الثامن) ، فهو المسئول عن عمليـات التجـوية التى تؤثر باستمرار على سطح الأرض ٠

الغـلاف المـائى :

وهو يشمل كل المياه فى المحيطات والبحيرات والأنهار وكذلك المياه الجوفية التى توجد داخل الغلاف الحجرى ، وكما ذكرنا آنفا فان معظم هذا الماء موجود فى المحيطات التى تغطى ٧٠٫٨٪ من سطح الأرض بعمق يبلغ متوسطه ٤ كيلو مترات تقريبا ٠

والمياه فى الكرة الأرضية مطلب اساسى لوجود الحياة ، كما أن لها اهمية جيولوجية كبيرة ، والمياه الجـارية والمحيطات هى عوامل

نشطة فى تحات ونقل وترسيب المواد ، وفى الحقيقة أن المـــاء الجارى مقترنا مع العوامل الجوية كان المؤثر الاكبر فى تكوين سطح الأرض على طول الزمن الجيولوجى ، وسوف نناقش التاثير الجيولوجى للغـــلاف المائى بالتفصيل فى الفصول القادمة من هذا الكتاب ٠

الغـــلاف الحجـــرى :

وله الأهمية الأولى بالنسبة للجيولوجى ، فهذا الجـزء الصلب من الكرة الأرضية يتكون من الصخور والمعادن ، ويشمل أيضا الكتل القارية وقاع البحر (انظر الفصل الثالث عشر) ٠ وتتكون صخور «الليثوسفير» من ثلاثة أنواع رئيسية وهى الصخور النارية والرسوبية والمتحولة ، ولقد كانت الصخور النارية فى الأصل فى حالة منصهرة ثم بردت وتجمدت فيما بعد لتكون صخورا مثل الجرانيت والبازلت ، وتتكون الصخور الرســـوبية من الرسوبيات (أى فتات الصخور التى كانت موجـــودة قبلا) والتى ترسبت بفعل الرياح أو المياه أو الجليد ، ويعتبر الحجـــر الجيرى والحجر الرملى والحجر الطينى أمثلة نمطية لهذه المجموعة ، وقد تكونت الصخور المتحولة من صخور كانت فى الأصل نارية أو رسوبية ، وهذا التحـــول يحدث عندما يتعرض الصخر لتغير فيزيائى أو كيميائى كبير ، والرخام هو أحد أمثلة الصخور المتحولة وقد كان فى الأصل حجرا جيريا ٠

ومعظم معلوماتنا عن الليثوسفير عرفناها من دراسة المواد التى على سطح الأرض ، ولكن باستخدام حفر التخريم العميقة والدراسات الزلزالية استطاع الجيولوجيون جمع المعلومات المفيدة والكثيرة عن الجزء الداخلى للأرض ، وهناك معلومات اضافية مشتقة من الصـــخور التى كانت فى الأصل مدفونة على عمق مئات الكيلو مترات من سطح الأرض ثم ارتفعت الى السطح أو بالقرب منه بواسطة الحركات الأرضية العنيفة ثم انكشفت بالتحات فيما بعد ٠

الغـــلاف الحيـــوى :

بفضل العناصر الواهبة للحياة (التى خلقها الله تعالى) من ماء وهواء أصبحت الأرض مأهولة بأنواع لا تحصى من النباتات والحيوانات٠ وهذا الجمع من الكائنات يكون الغلاف الحيوى ، وهو الجانب العضـــوى من الكرة الأرضية ذو العلاقة المعقدة بكل من الأغلفة السابقة (الجـــوى والمـــائى والحجـــرى) ٠

وتشترك كل من النباتات والحيـــوانات فى العـــديد من العمليـــات الأرضية ، وعلاوة على ذلك فان بعض المواد الاقتصادية ذات القيمة مثـــل

الفحم والبترول قد تكونت من بقايا الكائنات التي عاشت فى الأزمنة القديمة ، وكثير من الصخور (ولا سيما بعض الأنواع الخاصة من الحجر الجيرى) نتجت أيضا من نشاط عضوى ، وبالاضافة الى ذلك فهناك البكتريا التى تلعب دورا رئيسيا فى تكوين انماط خاصة من خام الحديد، وفى تكوين البترول أيضا ٠

ويرجع اهتمامنا بالغلاف الحيوى الى الماضى ، اذ يقوم الجيولوجيون بدراسة سجل الحياة القديمة كما تبينه الحفريات ، وذلك بهدف معرفة المزيد عن تاريخ الأرض ٠ وقد استخدموا أيضا بقايا الحيوانات والنباتات التى عاشت منذ ملايين السنين وذلك لتتبع تطور الحياة على الأرض ٠

وهكذا امكننا تعريف الأغلفة المختلفة للأرض ، والدور الخاص لكل منها فى التكوين النهائى لهذا الكوكب ، ورغم هذا فان الحدود بين كل منها ليست دائما قاطعة ، ولكنها تختلط عندما يلامس الهواء الصخور ، وعندما يتصل الصخر بالماء ، وعندما يختلط الماء بالهواء ، فهناك تفاعل مستمر بين أغلفة الأرض وتجرى تغيرات مهمة على الحدود بينها ، وهذه التغيرات كانت تحدث منذ بلايين السنين وربما تستمر لبلايين أخرى ٠

الملامح الفيزيائية الرئيسية للأرض :

تتكون ملامح التضاريس السائدة للأرض من الكتل القارية وأحواض المحيطات ، ويبدو أن هذه الأجزاء من الأرض قد بقيت مستقرة على طول الزمن الجيولوجى المعروف ٠

الكتل القارية :

تعتبر القارات أرصفة صخرية تغطى ٢٩ فى المائة (تقريبا) من سطح الأرض ، وهى تتكون غالبا من الجرانيت ، ويصل متوسط ارتفاعها الى خمسة كيلو مترات فوق مستوى سطح أرضية الأحواض المحيطية حولها ، كما أن متوسط ارتفاعها هو ٨٠٠ متر فوق سطح البحر، والحافة المجاورة للبحر لهذه الكتل القارية تكون فى العادة مغمورة بالمياه وتعرف باسم الرف القارى ، وتمتد أطراف الرفوف المواجهة للبحر الى أسفل مكونات المنحدرات القارية (شكل ٢) ٠

وبالرغم من أن سطح القارات يبدو لنا عديم الانتظام فان الفارق بين ارتفاع أعلى جبل (قمة ايفرست ويبلغ ارتفاعها أكثر من ٨٨٥٠ مترا فوق سطح البحر) وأعمق جزء من المحيط (أكثر من ١٠٧٠٠ متر عمقا جنوب جزر ماريانا فى المحيط الهادى) يبدو غير محسوس بالنسبة لحجم

الأرض ، وسوف نناقش اشكال اليابسة المسئولة عن عدم انتظام سطح الأرض فى الفصل السادس عشر ٠

احواض المحيطات :

تحتوى احواض المحيطات على الجزء الأكبر من الغلاف المائى وتغطى ٧١٪ من سطح الأرض تقريبا ، وقد كان من المعتقد أن قيعان المحيطات مستوية وبدون اى ملامح طوبوغرافية ، ولكن الدراسات الحديثة لعلم البحار تدل على غير ذلك ، اذ يتخذ سطح قاع البحر شكلا غير منتظم (مثله فى ذلك مثل سطح اليابسة) ويشمل أخاديد عميقة وخلجانا وسلاسل جبلية تحت بحرية ٠

والمحيط الهادى هو أعمق وأكبر المحيطات الخمسة (وهى : المحيطان المتجمدان الشمالى والجنوبى والأطلنطى والهندى والهادى) اذ يغطى نصف سطح الأرض تقريبا ، وتتكون أرضية اعمق قيعان المحيطات من البازلت (وهو صخر نارى داكن اللون وثقيل نوعا) ، وفى كثير من الأماكن يتغطى القاع البازلتى بطبقات من الرسوبيات البحرية ، وسوف نناقش اصل القارات والمحيطات وعلاقاتها ببعضها فى فصول تالية ٠

العوامل الجيولوجية :

يبين البحث الجيولوجى فى اية منطقة من سطح الأرض دلائل عدة على تغيرات كبيرة تكبدتها الأرض ، وهذه التغيرات لها اشكال عديدة ومعظمها قد حدث خلال ملايين السنين ، وبوجه عام فقد حدثت هذه التغيرات بعوامل التحات Erosion والنشاط التكتونى Tectonism والظاهرة البركانية Volcanism .

التحات :

تتاثر صخور سطح الأرض باستمرار بعوامل التحات ، وعلى سبيل المثال فان الرياح تهاجم الصخور وتؤدى الى تجويتها فيزيائيا وكيميائيا ، وبالاضافة الى ذلك فان الأنهار والمحيطات (من الغلاف المائى) تزيل فتات الصخور باستمرار وتنقله الى أماكن اخرى حيث يترسب ٠

النشاط التكتونى :

يشمل هذا المصطلح كل حركات الأجزاء الصلبة من الأرض بالنسبة

لبعضها البعض ، وينتج عن النشاط التكتونى (والذى يدل على عدم استقرار القشرة الأرضية) الصدوع Faults (وهى شقوق مصحوبة بازاحة) ، والطيات Folds ، وهبوط ورفع التكوينات الصخرية ، والعوامل التكتونية (المعروفة أيضا باسم الدياستروفيزم) هى المسئولة عن تكوين كثير من السلاسل الجبلية الحديثة ومعظم التشوهات التركيبية التى حدثت للقشرة الأرضية ، ومع ذلك فان هذه الملامح التكتونية (مثل الطيات والصدوع) لا يمكن رؤيتها فى العادة الى أن تنكشف بواسطة عوامل التحات ٠

وبالاضافة الى ما سبق فان الحركات التكتونية الكبيرة تسبب انواعا من التحول فى الصخور (انظر الفصل السادس) ، وكذلك فان تدخل الصهارة Magma المرتبط بظاهرة البراكين (انظر الجزء التالى) يشوه الصخر أيضا مسببا تكوين الطيات ٠

والحركات التكتونية تكون أيضا مصاحبة لنزوح القارات وتوسع قاع البحر وظواهر جيولوجية أخرى نفسرها الآن بنظرية تكتونية الألواح (انظر الفصل الثانى) ٠

الظاهرة البركانية :

يدل هذا المصطلح على حركة المواد الصخرية المنصهرة داخل الأرض أو فوق سطحها ، والعوامل البركانية تنتج الطفوح (أو اللابة) والرماد والجمر التى تقذفها البراكين ، والظاهرة البركانية هى التى تسبب أيضا تكوين الصخور التى كانت مصهورة فى وقت ما على أعماق بعيدة داخل الأرض ثم تجمدت فيما بعد (انظر الفصل الرابع) ٠

دورة الصخور :

مع مرور الزمن وتغير الظروف تتعرض الصخور النارية والرسوبية والمتحولة للتغيير بواسطة التحات والعوامل البركانية والتكتونية ، ويمكن أن يتغير أى من هذه الأنماط الصخرية من نوع الى آخر بطرق عديدة ، وعلى سبيل المثال فقد يتفتت الصخر النارى بفعل التحات ويتحول الى شظايا قد تصبح فى النهاية تجمعا رسوبيا ، والذى قد يتلاحم مع الزمن مكونا صخرا رسوبيا ، وقد يتعرض الصخر الرسوبى فيما بعد لعدة قوى فيصبح صخرا متحولا ، وهذا الصخر المتحول قد يستمر تأثره بالحرارة والضغط ومن المحتمل أن يصبح صهارة ، وعندما تبرد هذه

الصهارة وتتجمد فان صخرا ناريا سوف يتكون ، وهكذا نرى هنا دورة بدأت بتعرية الصخور النارية وانتهت بتكوين صخر نارى جديد ٠

وقد نتجت هذه الدورة الصخرية من سلسلة من عمليـــات تمثل استجابة المواد الأرضية للأنواع المختلفة من الطاقة ٠ لاحظ أن الدائرة الخارجية (فى شكل ٣) تمثل الدورة الكاملة التى لم تحدث لها اعـاقة ، ولكن الدورة لا تكتمل دائما ، اذ يمكن أن توجد دورات صغيرة خلال هذا الســـبيل ، وبعض هذه الدورات الصـــغيرة (التى تختصر أجزاء من الدورة الكبرى) قد تم التعبير عنها بأسهم داخل الدورة الكبرى ، لاحظ أن نقطة الابتداء فى الدورة هى الصهارة ، وهذا الصخر المصهور تحت سطح الأرض هو بداية الحلقة فى سلسلة لا متناهية ، تصل بين الصخور التى نراها الآن والصخور النارية التى كونت القشرة الأولية للأرض ٠

الفصل الثانى

تكتونيـة الألـواح

خلال الخمسة عشر أو العشرين عاما الأخيرة توصل الجيولوجيون لبعض الاكتشافات الخطيرة بالنسبة لتركيب وسلوك القشرة الخارجية للأرض ، وقـد قادتهم اكتشـافاتهم الى نظـرية تكتونية الألواح Plate Tectonics ، وهى نظرية على جانب كبير من الأهمية لدرجة أنها أحدثت ثورة لدى علماء الأرض فى طريقة دراستهم الحالية لهذا الكوكب ، فما هى هذه النظرية الثورية ؟ ٠

تتعلق نظرية تكتونية الألواح بتكوين وهدم وحركة أجزاء كبيرة من قشرة الأرض تسمى « الألواح » (شكل ٤) ٠ وتعتمد هـذه النظرية أساسا على الافتراضات التى لقيت قبولا حتى الآن ٠ مثل نزوح القارات وتوسع قاع البحر ، وهذه النظرية تساعدنا على فهم أسباب الزلازل والثورات البركانية وأصل أنظمة الثنيات الجبلية والسلاسل الجبليـة المتـدة والناتجة عن انحناءات وتعقدات فى القشرة الأرضية ٠

نزوح القارات Continental Drift

افترض الجيولوجيون فى وقت سابق أن القارات كانت مستقرة وثابتة فى مكانها بالنسبة للأرض ، ولكن منذ عام ١٦٢٠ م أبدى السير فرانسيس بيكون (الفيلسوف الانجليزى الشهير) ملاحظة أن هناك تشابها ملحوظا لشواطىء أفريقيا وأمريكا الجنوبية التى تطل على المحيط الأطلنطى (شكل ٥) ، وبعد أكثر من مائتى سنة لاحظ أنطونيو سنيدر تشابها بين حفريات نباتية معينة كان قد جمعها من كل من أوروبا وأمريكا، ومثل فرانسيس بيكون لاحظ سنيدر أيضا أن سواحل أوروبا وأمريكا تتوافق مع بعضها (اذا ما اقتربت) ، وفى محاولة لتعيين الانتشار

الجغرافى لحفرياته النباتية تمكن سنيدر من توفيق سواحل القارتين (مثلما نوفق القطع المتعرجة فى احدى لعب الأطفال لنكون لوحة او صورة كبيرة) ، ووضع نظرية تبين أن هذه السواحل كانت فى الأصل جزءا من قطعة كبرى من اليابسة ، وفى عام ١٨٨٥ قدم أحد الجيولوجيين النمساويين (وهو ادوارد سويس) الفكرة التى تقول ان التكوينات الجيولوجية فى النصف الجنوبى من الكرة الأرضية كانت متشابهة لدرجة أنه استطاع أن يوفقها مع بعضها على شكل قارة كبيرة واحدة سماها « أرض جوندوانا Gondwanaland » .

وهذه الملاحظات المهمة من بيكون وسنيدر وسويس ، والدلائل الجيولوجية التى جمعوها تفترض بجلاء أن القارات لم تكن دائما فى نفس مكانها الحالى ، ويبقى على الفريد فيجنر A. Wegener (الفلكى الألمانى) أن يضع تفسيره لهذه الظاهرة ، وفى عام ١٩١٢ افترض نظرية « نزوح القارات » فأطلق بذلك زناد الخلاف العلمى الذى استمر لعشرات السنين .

وباختصار فقد افترض فيجنر (مثلما فعل سويس) وجودا سابقا للقارة الواحدة التى سماها بانجيا Pangaea (التى اشتقها من الفاظ اغريقية تعنى « كل اليابسة ») وقد قال فيجنر ان هذه القارة « الأم » تهشمت الى قطع منذ ٢٠٠ مليون سنة مضت ، وأن هذه القطع قد نزحت ببطء الى أن وصلت الى وضعها الحالى ، وبالاضافة الى الدلائل السابقة فقد استخدم الصخور والحفريات ودلائل جيولوجية أخرى ليدعم فكرته ، وقد ناضل فيجنر ليثبت أنه بالرغم من الخلاف الكبير الذى يبدو الآن فى أطراف العالم فى المناخ والجغرافيا وتوزيع الكائنات الحية فقد كانت هذه العناصر متشابهة فى وقت ما فى كل انحاء الأرض ، وبالتالى فقد افترض أن القارات كانت فى البدء شديدة القرب من بعضها البعض ، أو أنها كانت ملتصقة .

وبالرغم من أن بعض العلماء مازالوا يؤيدون وجود البانجيا فان الدلائل الحديثة تفضل الافتراض القائل بوجود كتلتين كبيرتين من اليابسة ، وهما « لوراسيا Laurasia » فى النصف الشمالى من الكرة الأرضية « وأرض جوندوانا » فى النصف الجنوبى ، ويعتبر المؤيدون لنظرية وجود كتلتين أن لوراسيا كانت تتكون من اوراسيا (أوروبا + آسيا) وأمريكا الشمالية ، بينما كانت جوندوانا تتكون من استراليا والقارة القطبية الجنوبية والهند وافريقيا وأمريكا الجنوبية ومدغشقر وعدة أجزاء صغيرة غرقت فيما بعد (شكل ٦) .

وفى البدء ايد جيولوجيون كثيرون فكرة فيجنر ولكن بمرور الزمن قامت اعتراضات كثيرة فى طريق نظرية الازاحة القارية ؛ مما ترتب عليه أن نبذها او تجاهلها او سخر منها معظم علماء الأرض ، ولكن لم يقدم احد بديلا لها ، وبعد هذا الرفض الذى استمر سنين عديدة فان نظرية النزوح القارى شاعت مرة أخرى ، وهى الآن مفتاح الطريق لنظرية تكتونية الألواح ٠

دلائل نزوح القارات :

كثير من علماء الأرض يجدون الآن أن هذه النظرية (التى كانت ثورية فى وقت ما) منطقية تماما فى ضوء الاكتشافات الحديثة ، وهذه الاكتشافات تشير الى أن القارات لم تنتقل فى الماضى فحسب ولكنها مازالت تبتعد عن بعضها حتى الآن ،وعلى سبيل المثال فقد وجد أن جزيرة أيسلندا قد انفصلت بفعل نفس القوى التى يعتقد أنها سبب نزوح القارات ، وقد وجد عالم انجليزى أن أجزاء فى أيسلندا يتم جرها بعيدا بمعدل ٨ ميلليمترات فى العام ، وهناك دلائل اضافية لنظرية نزوح القارات جاءت من دراسة قاع المحيط وتوزيع الحفريات ودلائل المناخ القديم وتقدير العمر بواسطة القياسات الاشعاعية ٠

القارات « ولغز منشار الأركيت » (٣) « Continental « Jigsaw Puzzle :

كما سبق أن ذكرنا فاننا لو فحصنا حدود بعض القارات فانها تبدو كما لو كانت تتوافق مع بعضها مثل « لغز منشار أركيت » هائل ، ويبدو توافق الشاطىء الشرقى لأمريكا الجنوبية مع الحافة الغربية لأفريقيا مدهشا للغاية (شكل ٥) ، وللوهلة الأولى يبدو أن حدود القارات الأخرى لا تتوافق بنفس الاتقان الذى حدث فى حالة افريقيا وأمريكا الجنوبية ، ولكننا لو حاولنا توفيق القارات الأخرى عند حدود منحدراتها القارية (التى تقع على عمق ٩٠٠ متر تحت سطح البحر) فانها تتوافق جيدا بدرجة ملحوظة ٠

توسع قاع البحر :

وجد العلماء دليلا قويا (يؤيد نزوح القارات) ممثلا فى قاع البحر ، فان الجيولوجيين الذين درسوا حيود المحيطات وجدوا فى هذه

---

(٣) « لغز منشار الأركيت » هو لعبة للأطفال تتمثل فى لوحة مصورة تبدو كما لو كانت قد قطعت لأجزاء صغيرة معرجة بواسطة منشار أركيت ، ويحاول الأطفال اعادة توفيق الأجزاء حتى يعود الشكل الأصلى للوحة ـ (المعرب) ٠

السلسلة الجبلية تحت المحيطية (والتى تمتد حوالى ٦٥٠٠٠ كيلو متر) مصدرا لمعلومات ثمينة جدا ، وهذا صحيح بوجه خاص فى حالة « حيد وسط المحيط الأطلنطى Mid-Atlantic Ridge » فهذه السلسلة الجبلية تمتد ١٦٠٠٠ كيلو متر تحت سطح المحيط ، وتبدأ قرب الطرف الجنوبى لأفريقيا ، وتسعى كالأفعى الضخمة فوق قاع المحيط حتى تصل الى أيسلندا فى الشمال ، ويبلغ عرضها ٣٢ كيلو مترا وترتفع حوالى ١٦٠٠ متر فوق قاع المحيط ٠

وتحكى لنا الصخور فوق وقرب حيد وسط الأطلنطى الشىء الكثير عن قشرة الأرض وكيفية حدوث نزوح القارات ، وقد دلت البحوث على أن قاع المحيط قرب الحيد ليس مستقرا وأنه يزداد اتساعا (كما تزداد المسافة بين القارات ، شكل ٧) ، ويمتد أخدود عميق (أو خندق) على طول قمة حيد وسط الأطلنطى ، ويبدو أن توسع قاع المحيط يصاحبه نشاط بركانى يتولد من تحت الحيد ، وعلى فترات يغلى الصخر المصهور خارجا من الأخدود الوسطى (عند قمة الحيد) وتنسكب اللابة على سفحى السلسلة الجبلية تحت المحيط ، وفى كل مرة عندما تحدث ثورة بركانية فان الضغط الناشىء عن تدفق اللابة يدفع جانبى الأخدود بعيدا عن بعضهما تدريجيا ، وتتجمد اللابة الجديدة داخل الأخدود الوسطى وعلى جانبيه ، ومن ثم فان اللابة تزداد فى العمر على جانبى الأخدود ، وتكون النتيجة تتابعا من الأشرطة المتوازية من اللابة التى تزيد فى العمر كلما ابتعدنا عن قمة الحيد ٠

وكلما ازداد قاع المحيط اتساعا تكون عدد لا يحصى من الشقوق فى الصخور الهشة الرقيقة نسبيا والتى تكون القشرة المحيطية ، وكثير من هذه الشقوق يكون مصحوبا بحركة جانبية وتسمى حينئذ « الصدوع الانتقالية Transform Faults » (شكل ٨) ، وتوحى انسيابات اللابة والصدوع الانتقالية بأن قاع المحيط يتمزق باستمرار ثم يلتحم مرة أخرى بواسطة اللابة المنسابة من الأخدود المركزى على قمة الحيد

وقد افترض بعض العلماء أن تمدد قاع المحيط يشبه نطاق نقل هائل ، وبتعبير آخر فانه يعمل على حمل القارتين بعيدا عن بعضهما ، ويوحى مبدأ توسع قاع البحر أن قاع المحيط الأطلنطى يزداد اتساعا كلما تم دفع القارتين بعيدا عن حيد وسط المحيط ، وهذا يعنى بدوره أن قاع المحيط الهادى يتقلص ،ومن المعتقد أن المادة الفائضة بسبب انكماش المحيط الهادى يتم دفعها الى أسفل من خلال « نطاقات الانضواء

« Subduction zones » وهى عدة أغوار محيطية يتم من خلالها دفع المادة الفائضة الى الوشـــاح عن طريق الأجـزاء الهـابطة من القشرة المحيطية (شـــكل ٩) ٠

علم المغناطيســـية القـــديمة Paleomagnetism :

كيف نعرف أن الصخور تزداد فى العمر على جانبى حيد وسط الأطلنطى ؟ يكمن الدليل فى وجود مغناطيسات « متحفرة » دقيقة مدفونة فى انسيابات اللابة ، ويعرف معظمنا كيف أن قطبى المغناطيس الأرضى يؤثران على ابرة البوصلة فيتجه طرفاها الى الشمال والجنوب ، فعندما تتكون صخور تحتوى على حبيبات دقيقة من معادن حديديـــة قابلـــة للمغنطة ، فان تجمعات هذه المعادن الحديدية تترتب فى صفوف فى اتجاه المجال المغناطيسى الأرضى السائد عند وقت تكوين الصخور ، ومن المهم أيضا أن نعرف أن هذه « البوصلات الدقيقة » تحتفظ بصفاتها المغناطيسية لمئات الملايين من السنين ، وهذه الخاصية الصخرية تعـــرف باســم « المغناطيسية القديمة » ٠

وفى اى صخر ينتمى لعصر محدد فان « بوصلاته المتحفرة » تصطف فى اتجاه القطبين المغناطيسيين للأرض كيفما كان هذا الاتجاه عند لحظة تكوين الصخر ، ولكننا نلاحظ أن هذه « الابر النمامة » تتخذ اتجـاها فى الصـخور الأقدم يختلف تمـاما عن اتجـاه مثيـــلاتها فى الصخور الأحدث مما يدل على أن قطبى الأرض قد تغير وضعهما ، وعلى كل الأحوال فان المغناطيسية القديمة قد تدل على اتجاهات للقطبين مختلفة عن الشمال والجنوب الحاليين ، وتظهر دراسات المغناطيسية القديمة انه كانت هناك تغيرات كثيرة فى المجال المغناطيسى للأرض ، والواقع أنها تبين أن القطبين قد صنعا جولة صغيرة (شكل ١٠) ، وأن المجـال المغناطيسى للأرض ربما يكون قد انعكس تمـاما ٩ مـرات على الأقل فى خلال فترة الـ ٣٫٥ مليون سنة الأخيرة ٠

وقد رسم العلماء منحنيات لتبين وضع الأقطاب خلال فترات مختلفة من تاريخ الأرض ، وقد اعطت دراساتهم منحنيات قطبية مختلفة بالنسبة لمختلف القارات فاعتبروا ذلك دليلا على نزوح القارات ، لأنه لو كانت القارات ثابتة فى مكانها لكان من اللازم أن تتوحد منحنيات كل القارات ٠

وتعتبر « المغناطيسات المتحفرة » فى انسيابات اللابة على أى من جانبى حيد وسط الأطلنطى ذات أهميـة كبيرة فى دراسة توسـع قـاع

المحيط والنزوح القارى ، فهى تدل على انه اذا اتخذ احد الطفـــوح استقطابا عاديا فان الطفح التالى له يظهر وضعا منعكسا للقطبين ، وهذا يشير الى أن الطفح الأول قد تدفق حينما كان القطبان المغناطيسيان للأرض فى وضع مشابه كثيرا لوضعهما الآن ، وبعد عدة آلاف من السنين تكون الشريط التالى من اللابة بينما كان وضع القطبين معكوسا ، وكنتيجة لاستمرار تدفق اللابة مع تغير وضع القطبين فقد تكون هذا التتابع من الأشرطة-المغنطة من اللابة يتعاقب فيها الوضع العادى والوضع المقلوب للقطبين (شكل ١١) ٠

وهذا النموذج المقلم من الأشرطة المغنطة المتبادلة للابة يظهر نمـــو قاع المحيط مثلما تظهر الحلقات فى جذع شجرة ضخمة تطور نمو هذه الشجرة ٠

علم المناخ القديم Paleoclimatology :

يستعيد علماء المناخ القديم تصور التغيرات التى حدثت فى المناخ القديم ، وذلك يساعدهم على تفسير سجل الحياة على الأرض بطريقـة افضل ، وكذلك فان تفهم طبيعة المناخات القديمة يساعد على تأكيد نظرية النزوح القارى ، وعلى سبيل المثال فان توزيع رسوبيات المثالج فى امريكا الجنوبية وافريقيا واستراليا والهند يوحى بان أجزاء من هـذه القارات كانت مغطاة فى وقت ما بمسطح جليدى هائل ، وزيادة على ذلك فان اتجاه انسياب الجليد يقود الى الافتراض ان الأجزاء المغطاة بالجليد فى افريقيا وامريكا الجنوبية كانت تشكل جزءا من مثلجة واحدة عندما كانت هاتان القارتان ملتصقتين ، وهذا يدل على احتمال وجود القطب المتجمد الجنوبى فى مكان ما قرب جنوب افريقيا خلال الجزء المتاخر من حقب الحياة القديمة ، كما يمكن أن نضيف أن الاستمرارية الظاهرة للانسياب الجليدى تشير بقوة الى وجود قارة جنوبية واحدة هى أرض جوندوانا ٠

وتوجد دلائل أخرى على طبيعة المناخ القديم تشمل الشعـــاب المرجانية (التى تدل على سبق وجود بحار ضحلة دافئة) وطبقات الفحم الحجرى الذى تكون من نباتات عاشت فى جو حار رطب ، وتوجد شعاب مرجانية متحفرة ورواسب قديمة للفحم فى اماكن من العالم تتميز حاليا بمناخ شديد البرودة (وربما شديد الجفاف أيضا) لا يمكن أن يسمح بوجود شعاب مرجانية أو نباتات المستنقعات ٠

علم الحفريات Paleontology :

ان وجود حفريات لنباتات وحيوانات متشابهة كانت تعيش على اليابسة يؤيد ايضا نظرية نزوح القارات ، ولدينا فى هذا المقام احد النباتات السرخسية وهو نبات « الجلوسوبتيريس Glossopteris » وزاحف آكل للحوم وهو « الميزوساوروس Mesosaurus » ، وقد وجدت حفريات كثيرة للجلوسوبتيريس مصاحبة للرسوبيات المثلجية التى تغطى أجزاء كثيرة من وسط وجنوب افريقيا واستراليا ونيوزيلندا وأجزاء أخرى من امريكا الجنوبية والهند ، ويتفق علماء النبات على أن هذا السرخس لم تكن لديه امكانية الانتشار عبر بحار شاسعة مثل تلك التى تفصل حاليا بين المناطق المذكورة ٠

علم التقويم الجيولوجى Geochronology :

درس العلماء السمات الفيزيائية والكيميائية للصخور فى قاع المحيط وفى الشواطىء المتقابلة للقارات ويجدون تشابها كبيرا بينها ، وبواسطة طريقة قياس الاشعاع لتقدير عمر الصخور تبينوا أيضا أن الصخور فى اماكن متباعدة مثل الهند واستراليا وامريكا الجنوبية وافريقيا يمكن أن ترتبط ببعضها على أساس عمرها الجيولوجى ، وبالطبع يمكن الاستنتاج أن توافق القطاعات الجيولوجية فى هذه المناطق البعيدة عن بعضها يدل على أنها تكونت فى نفس الزمن ، وبالتالى فانها كانت ملتصقة ٠

الألواح المكونة للقشرة الأرضية Crustal Plates :

هذه الألواح هى « بلاطات » كبيرة من الصخر تكون الغلاف الحجرى أو « الليثوسفير » وهو الجزء الصلب الخارجى للأرض ، وكل لوح يتراوح سمكه من ٧٠ الى ١١٠ كيلو مترات تقريبا وقد تشغل مساحته آلافا عديدة من الكيلومترات المربعة ، وهكذا فان الألواح لها شكل منضدى لأنها رقيقة السمك بالمقارنة الى طولها وعرضها ٠

وبعض الألواح يتكون من « قشرة محيطية Oceanic Crust » وهى جزء من الليثوسفير يغطيه البحر ، وتتكون القشرة المحيطية من صخور داكنة غنية بالحديد والمغنسيوم ، وهناك الواح أخرى تتكون من « قشرة قارية Continental Crust » التى تتركب من

صخور فاتحة اللون ، وهى ذات كثافة اقل نسبيا وتحتوى على كثير من السيليكا والألومينا ، وهذه الصخور تعتبر مميزة لكتل اليابسة فى الكرة الأرضية ، وبعض الألواح يتكون من كلا النوعين من القشرة لأن حدود الألواح لاتتحد دائما مع حافات القارات ، وعلى سبيل المثال فان عديدا من الالواح الكبرى (وتشمل اللوح الأفريقى) تتكون من كل من القشرتين المحيطية والقارية معا ٠

ويميز معظم الجيولوجيين ستة ألواح كبرى على الأقل وعديدا من الألواح الصغيرة ، والكبرى تشمل اللوح الأمريكى ولوح القارة القطبية الجنوبية واللوح الأفريقى واللوح الأوراسى ولوح المحيط الهادى واللوح الأسترالى (شكل ٤) ، وهناك علماء آخرون حددوا عشرة ألواح كبيرة ، ومن الألواح الصغيرة المتفق عليها ألواح نازكا والفيلبين والكاريبى وكوكوس ٠

حدود الألواح :

ترتبط الحدود بين الألواح تماما مع حيود وسط المحيطات والأغوار المحيطية العميقة والصدوع الكبرى وسلاسل الجبال الناتجة من طيات طولية ، وتشمل حركة الألواح بالنسبة لما يجاورها من الألواح الأخرى أحد الانماط الرئيسية التالية :

١ ـ ألواح تتحرك بعيدا عن بعضها ٠

٢ ـ ألواح تتحرك فى اتجاه بعضها البعض ٠

٣ ـ ألواح تنزلق فى مواجهة ألواح أخرى بطريقة متوازية ٠

حدود الألواح المتباعدة Divergent Boundaries :

يحدث هذا النمط من الحدود عند حيود وسط المحيطات التى تكون سلسلة جبلية شبه مستمرة تحت سطح المحيط وتقسم حوضه الى جزءين ، والحيود هى مناطق شد داخل الليثوسفير حيث تعمل قوى الشد على خلق شقوق على طول محور الحيد ، وتؤدى الى جذب اللوحين المتجاورين بعيدا عن بعضهما ، وتتكون قشرة جديدة على طول الشق بصعود الصخر المنصهر من أعماق الكرة الأرضية ، وبالاضافة الى النشاط البركانى فان حيود وسط المحيطات هى مناطق للنشاط الزلزالى ايضا ، وتتولد الزلازل هنا من أعماق ضحلة فى القشرة (اقل من ٧٠ كيلو مترا) ، ويزداد اتساع قاع المحيط كلما ابتعد اللوحان عن بعضهما

(شكل ١٢) ، ويتكون قاع جديد للمحيط من اللابة التى تتدفق من الخندق الوسطى فى قمة الحيد ٠

حدود الألواح المتقاربة « Convergent Boundaries » :

تتكون الحدود فى هذا النوع عندما يتحرك لوحان فى اتجاه بعضهما ويصطدمان ، وقد يشمل الاصطدام أجزاء من قشرة محيطية وأخرى قارية ، أو قطاعين من قشرة قارية أو جزءين من قشرة محيطية ، ولتخفيف الضغط الناشىء من اصطدام اللوحين فان أحد اللوحين يتشوه وينزلق تحت الآخر بزاوية حوالى ٤٥ درجة تقريبا (شكل ١٢) ، وفى المناطق التى تصطدم فيها ألواح محيطية وأخرى قارية فان القشرة المحيطية الرقيقة (والثقيلة أيضا) هى التى تنزلق ، ولا تقدر صخور القارة (وهى أخف من القشرة المحيطية) أن تغوص تحت اللوح الأكثف ولذلك فهى تتسلقه ، أما المنطقة حيث ينزلق لوح تحت اللوح المتسلق فتسمى نطاق بنيوف « Benioff Zone » أو « نطاق الانضواء Subduction Zone » (شكل ٩) ٠

ويلاحظ أن الملامح الجغرافية المصاحبة لمناطق الانزلاق هى الأغوار المحيطية العميقة وأنظمة أقواس الجزر البركانية مثل تلك الموجودة حول الطرف الغربى للمحيط الهادى ، وكلما اشتد انزلاق لوح متجه لأسفل فان الزلازل تزيد ، ويمكن أن تكون بؤرات هذه الزلازل فى مناطق ضحلة أو قد تكون عميقة داخل جوف الأرض (قد تصل الى عمق ٧٠٠ كيلو متر) ، وقد تنتج الزلازل المصاحبة لمناطق الانزلاق باحدى طريقتين ، فالزلازل ذات البؤرة الضحلة تتكون عندما يتحطم اللوح المنزلق عند انثنائه تحت الحافة المتقدمة للوح الراكب ، وعند عمق أكبر فوق اللوح المنزلق تتولد الزلازل العميقة بسبب التزحلق بين القشرة المحيطية العميقة وأنظمة أقواس الجزر البركانية مثل تلك الموجودة حول احدى السمات الملازمة لتصادم الألواح ، وهى تحدث على اللوح الراكب، وتنتج من تعرج وتجعد الحافة المتقدمة للوح الراكب ، وتتولد الصهارة عندما ينصهر اللوح النازل وتتصاعد هذه المواد المنصهرة بقوة فى شقوق اللوح القارى ، وهكذا فان القشرة المحيطية التى تفنى عند الأطراف المتقاربة تدور دورة جديدة وتعود للقشرة على هيئة طفوح بركانية ٠

الحدود الانتقالية أو حدود الجز Transform or Shear Boundaries :

فى هذا النمط من حدود الألواح لا يحدث تباعد أو اصطدام ، ولكنها تنزلق بالنسبة لبعضها مع حدوث حركة جز (شكل ١٢) ٠

ومثل هذه الحدود تتكون من شقوق عمودية على نظام الحيد ، وهى تعرف باسم « الصدوع الانتقالية » (شكل ١٢) ، ويعتبر العلماء فى العصر الحاضر أن صدع « سان اندرياس » فى كاليفورنيا بالولايات المتحدة صدع انتقالى مصاحب للحيد المحيطى الواقع على الحافة الشرقية للمحيط الهادى ، وعلى طول الحدود الانتقالية يمكن للألواح أن تنزلق بالنسبة لبعضها البعض دون أن يحدث لها تشوه كبير ٠

نقط الاتصال الثلاثية : Tripple Junctions

فى بعض الأماكن قد تتقابل ثلاثة ألواح فى نقطة مشتركة فتصبح نقطة اتصال ثلاثية ، وقد تتكون الأجزاء الثلاثية من الاتصال من ثلاثة أنماط مختلفة من حدود الألواح مثل الحدود المتباعدة والمتقاربة والحدود الانتقالية ٠

حركات الألواح :

من المتفق عليه أن الألواح تعلو الطبقة شبه المنصهرة القابلة للتشكيل والمعروفة باسم « الاستينوسفير » ٠وهذه الطبقة هى الجزء الأعلى من الوشاح والتى تقع تحت الليثوسفير مباشرة (شكل ١٣) ، وقد سبق شرح أنماط الحركة فى الألواح ولكن القوة المحركة التى تدفع القارات وتسبب اتساع قاع المحيط مازالت غامضة ٠

الحمل : Convection

يعتقد كثير من العلماء أن اتساع قاع المحيط ونزوح القارات يحدثان بسبب تيارات الحمل الحرارية داخل الوشاح (شكل ١٣) ، ومن المعروف أن تيارات الحمل تتولد عموما عند تسخين الغازات والسوائل ، لأنه عند استخدام الحرارة تهبط الأجزاء الباردة من السائل الى أسفل لأنها أكثر كثافة من الأجزاء الساخنة ، ويدفع الجزء البارد الهابط الجزء الساخن الى أعلى ، وعند وصول الجزء الساخن الى أعلى يفقد حرارته ويصبح أكثر كثافة ويتحرك لأسفل مرة ثانية ، وهذا التبدل المستمر فى الحرارة تنتج عنه تيارات دائرية تسمى « خلايا الحمل » ، ويصبح السائل فى حالة « تقليب » مستمرة كلما استمرت عملية التسخين ٠

ومن غير المعروف عدد خلايا الحمل أو حجمها أو العمق الذى تتواجد فيه ، ومع ذلك فان عمليات الخسف والزلازل الضحلة والتسرب

الحرارى المرتفع عند الحيود المحيطية من جهة ، والزلازل الضحلة والتسرب الحرارى المنخفض عند الأغوار المحيطية من جهة أخرى ، تشير بقوة الى أن هناك تيارات حمل فى البرنس (أو الوشاح) ٠

وهنا ينشأ سؤال : ما هو مصدر الطاقة التى تسبب حدوث خلايا الحمل ؟ من المتفق عليه بوجه عام أن الحرارة التى تسبب تكوين خلايا الحمل تنتج من الانشطار المنتظم للعناصر المشعة مثل اليورانيوم ، وهذه الحرارة النووية يحتفظ بها الوشاح لأن الصخور العلوية موصل بطىء للحرارة فهى تعمل على شكل غطاء عازل ، وهذا يسبب تزايد الحرارة التى تنتج عنها طاقة تسبب تمدد الوشاح محدثا تيارات الحمل ، ومع الزمن فان بعضا من هذه الصخور المنصهرة سوف يصل للسطح عن طريق الخنادق التى على قمة الحيود المحيطية ، وعندما تتدفق اللابة على قاع المحيط فانها تدفع الصخر (الذى تكون سابقا) فى اتجاه القشرة المحيطية بعيدا عن قمة الحيود ٠

وهذا يفسر توسع قاع المحيط ، ولكن ٠٠٠ لماذا يحدث النزوح القارى ؟ يزيد اقتناع الجيولوجيين الآن أن جزءا من خلايا الحمل (وهو الذى يتحرك موازيا للسطح) يدفع قاع البحر للحركة ، وبالربط بين ميكانيكية النزوح وميكانيكية تيارات الحمل فى الوشاح فانه يمكن أن نفترض أن حيود وسط المحيط تقع فوق تيارات الحمل الصاعدة التى تسبب تباعد شطرى قاع المحيط على جانبى الحيود ، وهذا هو سبب التحدب الكبير للحيود وتكون خندق عند قمتها والنشاط البركانى والزلزالى المصاحب لها ، كما افترض العلماء أيضا أن تيارات الحمل ترتفع على طول جناحى الحيد المحيطى ، ثم تتحرك جانبيا (أفقيا) تحت قاع المحيط ، ويبدو أنها تهبط عند أقرب حافة قارية وتسحب بذلك جزءا من قاع المحيط متجهة به الى أسفل فى الوشاح ٠

وتعتبر تيارات الحمل التى تهبط عند القارات هى المسئولة عن وجود الأغوار المحيطية العميقة وأقواس الجزر البركانية ، وهذا ينطبق على وجه الخصوص مع المحيط الهادى المحاط بالأغوار ، ولكنه أقل انطباقا مع المحيطات التى تفتقر الى وجود أغوار ، ومن المعتقد أيضا أن القارات تقع على النقطة التى تبدأ عندها التيارات فى الهبوط ٠

وهذا التفسير لحركة الألواح تؤيده دراسات المغناطيسية القديمة ، اذ أن الشرائط الممغنطة (من اللابة) فى قاع المحيط (شكل ١٢)

يمكن اعتبارها « آثار أقدام » تركتها القارات لما تحركت الى حيث وضعها الحالى ٠

العلامات الريشية الساخنة Plumes :

سوف نرى فى الفصل الرابع أن البراكين لا يقتصر وجودها على حدود الالواح أو الأحزمة البركانية الكبرى ، اذ أن بعض البراكين (مثل براكين هاواى) والمناطق الحرارية (مثل منطقة « يلوستون » فى ناشيونال بارك بالولايات المتحدة) يقال انها ملامح « وسط لوحية Intraplate » ، لأنها تقع فوق « العلامات الريشية » أو « النقاط الساخنة Hot Spots » بعيدا عن حواف القارات ، ولأنها تتكون من فوارات ساخنة صاعدة لأعلى داخل الوشاح وذات قطر يصل الى عدة مئات من الكيلو مترات ، فان هذه النقاط الساخنة تتسبب فى وجود مناطق محدودة ذات نشاط بركانى ٠

وطبقا لنظرية العلامات الريشية الساخنة فان أعمدة من صخر الوشاح الساخن ترتفع رأسيا ثم تنتشر أفقيا فى الأستينوسفير ، وفى نفس الوقت فان مادة الوشاح (التى تحيط بالعلامة الريشية الساخنة) تتحرك ببطء الى أسفل لتوازن الحركة الصاعدة للنقطة الساخنة ، ويعتقد أن حركة اللوح تحدث بسبب عدة قوى ، وهذه القوى تشمل الضغط الناتج عن الانسياب لأعلى فى العمود الريشى ، والانسياب الشعاعى المتجه للخارج لمادة العمود الريشى الى الأستينوسفير ، والانسياب الراجع الى أسفل للوشاح المحيط بالنقطة الساخنة ٠

ويعتقد أن الريشة الساخنة ثابتة فى الوشاح ومن ثم فانها لا تتحرك مع اللوح ، وبالتالى فانه عندما يتحرك لوح فوق نقطة ساخنة فان العمود الريشى يحدث براكين دورية على سطح اللوح ، ويعتقد أن جزر هاواى قد نشأت عندما تكونت براكين نشطة فوق ريشة ثابتة ، وكلما تحرك اللوح فان الريشة تشق طريقها الى القشرة فى مكان جديد لتكون بركانا جديدا ، أما البركان الذى يسبقه والذى حرم من مخزون الصهارة فانه يموت ، وهكذا فان النقطة الساخنة تترك خطا من البراكين الهامدة والتى تزيد فى العمر كلما ابتعدنا عن البركان الحديث النشيط (شكل ١٤) ، وبالاضافة الى النقطتين الساخنتين فى منطقتى هاواى ويلوستون فاننا نعتقد بوجود ١٨ ريشه مهمة فى أماكن أخرى من العالم ٠

البراكين والزلازل :

لم تقتصر نظرية تكتونية الألواح على احداث ثورة فى تفكيـــر الجيولوجيين فحسب ، ولكنها تشرح أيضا كثيرا من الظواهر التى تتعلق بمشاكل انسانية خطيرة ، وعلى سبيل المثال فقد تبين للعلماء أن معظم البراكين تقع عند أطراف الألواح (شكل ٣١) ، فالصهارة المتولدة عن حركة الألواح قد تصل الى سطح الأرض على شكل لابة بركانية ؛ مما قد يسبب تدميرا للممتلكات وفقدانا لحياة البشر ، وبالاضافة الى ذلك فان معظم الزلازل تتولد فىالمناطق حيث تصطدم الألواح أو تحتك ببعضها (شكل ٩) ٠

ولكن تاثر الانسان بتكتونية الألواح ليس سلبيا دائما ، فان حركة بعض الألواح لها علاقة كبيرة بأصل وتوزيع كثير من المصادر المعدنية ذات القيمة الاقتصادية الكبيرة ٠

تكتونية الألواح والرواسب المعدنية :

يمكن الآن شرح أصل رواسب معدنية كثيرة عن طـريق نظـرية تكتونية الألواح ، فالمعادن الفلزية التى قد تحتـــوى على النحـــاس والتنجستن والذهب والموليبدنوم والفضة والرصاص تبدو وكأنها قـد تكونت من صهارة تولدت فوق نطاقات الانضواء عنـد الحدود المتقاربة للألواح ، وعلى سبيل المثال ففى غرب أمريكا الشمالية حدث على ما يبدو منذ ١٠٠ الى ١٥ مليون سنة مضت أن قشرة المحيط الهادى قـد انزلقت بسرعة تحت قشرة أمريكا الشمالية ، وأنشأ هذا حزاما بركانيا كبيرا ، وتحت سطح الأرض تبلورت صخور الجرانيت من أجسام كبيرة للصهارة التى كانت تقع تحت البراكين ، وبعد تبلور معادن السيليكات من الصهارة فان الفلزات تركزت فى الســـائل الذى تبقى فى غرفة الصهارة ، وفى حالة بعض الصهارات عندما كانت الظروف مناسبة تفاعلت السوائل الغنية بالمعادن مع الصخور المجاورة الملاصقة لهـــا (أو حلت محلها) وتكونت خامات معدنية ذات قيمة اقتصادية عالية ٠

وهناك رواسب معدنية تنتج غالبا من سوائل أو محاليل ساخنة سبق أن مرت خلال صخور القشرة ، وهذا يحدث على طول الحواف المتباعدة ، وتنشأ قشرة جديدة عند الحدود المتباعدة (مثل حيـود المحيطات) ، وفى هذه الحالة فان الصخور التى تتكون حديثا غالبا

ما تحتوى على تركيزات من المعادن ذات القيمة ، ولكن لسوء الحظ فان معظم هذه الرواسب يصعب أو يستحيل الحصول عليها (٤) ٠

تكتونية الألواح والوقود المتحفر :

يرتبط تكوين وتوزيع الوقود المتحفر (أى الفحم والبترول والغاز الطبيعى) ارتباطا معقدا بنمو الحياة خلال الزمن الجيولوجى ، وقد تأثر نمو الحياة النباتية والحيوانية تأثرا كبيرا بالتغيرات التى تعزى لحركة الألواح بطريقة مباشرة أو غير مباشرة ٠

وقد كان للتغيرات الناتجة عن حركة الألواح تأثير قوى على اسلوب تطور الحياة على طول الزمن الجيولوجى ، ويعتقد أنه خلال المدة منذ الـ ٣٨٠٠ مليون سنة الماضية للآن كان كوكبنا يتميز بمناطق متباينة من اليابسة والبحر ، وقد نشأت الحياة فى البحر ، ويدل السجل الحفرى على أن الكائنات وحيدة الخلية قد استوطنت المحيطات منذ اكثر من ٣٠٠٠ مليون سنة مضت ، ومع مرور الزمن فان عددا كبيرا من مختلف اشكال الحياة قد تطور ، وقد تكيفت الكائنات بأعداد متزايدة ، ووجدت أنواع تعيش فى المحيط وفى الماء العذب وعلى اليابسة ٠

ولما غيرت كتل اليابسة مكانها بالنسبة لسطح الأرض فقد تعرضت هذه الكتل لتغيرات مناخية ، وهذه التغيرات الجغرافية وما نتج عنها أحيانا من تغيرات مناخية شديدة ، كان لها تأثير قوى على النباتات والحيوانات التى عاشت فى ذلك الزمن ، وهذا بدوره اثر بدرجة كبيرة على طريقة البحث الجيولوجى عن الوقود المتحفر ٠

الفحم الحجرى :

يوجد الفحم الحجرى (وسائر أنواع الوقود الحفرى) فى الصخور الرسوبية ، وفى الواقع فان الليجنيت والفحم البيتومينى صخران رسوبيان ، اما فحم الأنثراسيت فقد عانى تغيرا كبيرا ولذلك يعتبر صخرا متحولا ٠

وبغض النظر عن نوعه فان الفحم يتكون من بقايا مكربنة لنباتات عاشت فى الأزمنة القديمة فى جو استوائى أو شبه استوائى والتى

---

(٤) تتواجد هذه الخامات فى صخور قاع المحيط قرب الحيود وبعيدا عن شواطىء القارات ومن هنا يكون من الصعب الحصول عليها ـ (المعرب) ٠

ازدهرت فى « مستنقعات الفحم » الشاسعة ، ومثل هذه المستنقعات والاجمات كانت موجـودة فى قارات عـديدة خلال العصرين المسيسيبى والبنسيلفانى (٥) (انظر جدول الزمن الجيولوجى شكل ١١٩) ، وقد حدثت فى الولايات المتحدة ظروف مشابهة أدت الى تكوين الفحم منذ حوالى ٥٠ الى ٨٠ مليون سنة مضت ٠

ولقد اتصفت الأراضى الرطبة القديمة التى تكونت فيها معظم رواسب الفحم بمناخ حار مطير ، وبالاضافة الى ذلك فانها مثل كـل المستنقعات الحديثة كانت تقع فى مناطق منخفضة شبه مستوية ، ولكننا نرى الآن أن معظم رواسب الفحم تتـواجد فى أراض ذات تضـــاريس بارزة (أى تكثر فيها الجبال والوديان) ، وحيث تكون طبيعة المنـاخ مختلفة تماما عن المناخ الاستوائى ،وفى الواقع فقد تم اكتشاف رواسب فحمية فى القارة القطبية الجنوبية ، ويدل هذا الفحم (الذى يعتقد أنه تكون فى ظروف استوائية أو نصف استوائية) على حدوث تغيرات جغرافية ومناخية عنيفة فى المنطقة القطبية الجنوبية فى وقت ما خلال التاريخ الجيولوجى ، وقد ثبت حدوث تغير مناخى أيضا لوجود حفريات لنباتات استوائية وحيوانات من ذوات الدم البارد التى لا يمكن أن تعيش مثيلاتها الآن فى المناطق القطبية المتجمدة ٠

ويبدو أن معظم مستنقعات الفحم قد سببتها العلاقات المتبادلة بين ألواح القشرة الأرضية ، وعلى سبيل المثال فان فحم حقول الأبالاش قد تكون منذ حوالى ٢٧٥ الى ٣١٠ مليون سنة مضت ، وذلك فى حوض على أرض ملاصقة لما يعـرف الآن بالمحيط الأطلنطى ، فهـــذا الحـوض المنخفض كانت تفيض عليه مياه البحر ثم تتراجع عنه على التوالى ، ولقد كان تذبذب سطح البحر (الذى أنتج هذه التغيرات) محصلة لحركة الألواح ، وقـد تكونت مسـتنقعات الفحم فى حوض الأبالاش خلال الأوقات التى تراجع فيها المحيط فانكشفت الأراضى المنخفضة قـرب الساحل مما ساعد على نمو النباتات الكثيفة ٠

أما الليجنيت والفحم البتيومينى فى « السهول العظمى » والمناطق الغربية من الولايات المتحدة فهى أحدث كثيرا من الفحم الأبالاشى ، فقد تكونت فى الفترة المبكرة من العصر الثلاثى وكذا العصر الطباشيرى ، وأقدم فحم فى المناطق الغربية تكون فى حوض واسع مجاور للبحر ،

---

(٥) هذان العصران فى التسمية الأمريكية يعادلان العصر الكربونى فى التسمية الأوربية ـ (المعرب) ؛

وهذا الحوض الذى كانت به مستنقعات ساحلية كان موازيا للجانب الغربى من بحر ضحل داخلى ، وربما يرجع تكون هذا البحر الداخلى الى اتساع سريع فى قاع البحر ٠

وبالرغم من أن رواسب الفحم فى منطقة « جبل روكى » أحدث كثيرا من تلك التى فى جبال الأبالاش فان أصلها يرجع أيضا لحركة الألواح ، فقد نشأ فحم جبل روكى فى مستنقعات واسعة تقع فى أحواض أصغر من تلك التى نشأ فيها الفحم الأبالاشى ، ويبدو أن هذه الأحواض المحدودة قد نتجت عن حركة لوحية ترجع الى ضغط مائل (أو جانبى) للقشرة الأرضية فى منطقة غرب الوسط ، وهذه الطبقات الضخمة من الفحم الأحدث (من العصر الطباشيرى) تعتبر أحد الاحتياطيات العالمية الكبرى للطاقة ٠

البترول والغاز الطبيعى :

يتواجد البترول والغاز الطبيعى (مثل الفحم) فى الصخور الرسوبية ، ولكن بينما يصاحب الفحم فى معظم الأحوال طبقات رسوبية من رسوبيات اليابسة (ويعتبر الفحم نفسه راسبا أرضيا) فان البترول يتواجد بوجه عام داخل طبقات من الصخور الرسوبية المسامية والمنفذة ذات الأصل البحرى ، وهذه الطبقات الحاملة للبترول تتكون على شكل كتل مسلوبة وأحواض ترجع غالبا الى حركة بعض ألواح القشرة ٠

وينتج البترول والغاز الطبيعى من تحلل المواد العضوية (رغم أن تفاصيل هذه العملية غير معروفة بدقة) ، وسوف نناقش طريقة تكوين البترول ونضجه وهجرته واحتباسه فى الفصل السابع عشر ٠

ولتكتونية الألواح دور أيضا فى تحديد أين يتكون أى من البترول والغاز الطبيعى ، ولذلك فان تفهم عوامل ونتائج تكتونية الألواح يمكن أن يكون ذا فائدة عظمى فى استكشاف البترول ٠

ومعظم البترول العالمى والذى يشمل الاحتياطيات الهائلة فى الخليج العربى يتواجد محتبسا فى طبقات مصاحبة للرفوف القارية ، وهذه الصخور الرسوبية تكونت من رسوبيات بحرية ترسبت على حواف قارية سبق أن انخسفت أو تشققت ، فعندما يبدأ طرف القارة فى الانخساف فان جانبى الخسف ينفصلان ويدخل المحيط بينهما ، وفى نفس الوقت فان طرف الرف القارى يمتد ببطء فى اتجاه البحر ثم يصبح رقيق السمك ثم يهبط تدريجيا ، وعندما يستمر الترسيب فان الطبقات أعلى

الرف الهابط تتخذ وضعا شبه أفقى ، ولكن الطبقات الأعمق تميل الى اتخاذ وضع مائل (أو منحدر) بشدة فى اتجاه البحر ، وفى هذه الحالة فان انحدار الطبقات التى تميل فى اتجاه البحر لا يزال لطيفا نسبيا ٠

وقد تتوافر أفضل الظروف لتكوين البترول فى مثل هذه المناطق المخسوفة ذات الطبقات المائلة ، فان المواد الهيدروكربونية التى تتكون فى مثل هذه الأماكن تنتقل بعكس اتجاه الميل وفى اتجاه القارة ، ومعظم البترول الموجود فى منطقة « جالف كوست » فى الولايات المتحدة قد تكون فى مثل هذا الوضع التكتونى ، وبالاضافة الى ذلك تفترض أعمال التنقيب (فى المنطقة البعيدة نسبيا عن الرف القارى الخارجى لشرق الولايات المتحدة المواجهة للمحيط الأطلنطى) أنه ربما تتواجد كميات اقتصادية من المواد الهيدروكربونية فى ظرف تكتونى مماثل ٠

كما قد يتجمع البترول فى الطبقات التى تكونت فى حوض قريب من البحر يقع فى اتجاه اللوح القارى من نطاق الانضواء (انظر شكل ٩) ، ويبدو أن بعض الحقول الصغيرة فى غرب ويومنج قد تكونت فى مثل هذه الظروف ، والأمر الأكثر أهمية أنه يبدو لنا أن جزءا من بترول الحقل الضخم فى خليج بروودهو بشمال الاسكا قد تكون أيضا فى ظروف مشابهة ٠

وفى أماكن أخرى من العالم يتواجد البترول فى أحواض واسعة تقع داخل القارات ، ويبدو أن بعض هذه الأحواض قد تكونت بسبب انثناء الواح قارية عندما اصطدمت بأجزاء قارية مجاورة ، وهناك أحواض أخرى لا يبدو أنها مرتبطة بعلاقة ما بحركة الألواح ، على أن تكونها يرجع الى أن صخورا تكونت عند السطح ثم هبطت لأسفل بسبب تبرد قاعدة لوح القشرة الأرضية فى هذا المكان ٠

الفصل الثالث

المعـــادن

نحن ندرك الآن أن الجيولوجيين مهتمون بالدرجة الاولى بالقشرة الصخرية للأرض ، ولكن قبـل أن نتمكن من دراسة الصـخور فانه من الضرورى أن نعرف شيئا عن « المعادن Minerals » ؛ لأنهـا وحـدات بناء القشرة الأرضية ، وبالرغم من أن الجيولوجيين لهم تعاريف مختلفة لمصطلح « المعدن » فان التعريف التالى هو الأكثر قبولا : « المعادن هى عناصر أو مركبات كيميائية تكونت بطريقة طبيعية فى قشرة الأرض » ، وهى « غير عضوية » (أى أنها غير مشتقة من مواد حية) ولها تركيب كيميائى محدد (أو مدى تركيبى محدد) وترتيب داخلى منتظم للذرات (أى تركيب بلورى) بالاضافة الى صفات فيزيائية أخرى مميزة ، ويجدر بنا أن نذكر هنا أن الصفات الكيميائية والفيزيائية لبعض المعادن قد تختلف داخل حدود معينة ٠

والصخور هى تجمعات أو مخاليط من المعادن التى قد تختلف فى التركيب اختلافا كبيرا ، وعلى سبيل المثال فان الحجر الجيرى يتكون أساسا من معدن واحد هو الكالسيت ، أما الجرانيت فهو يحتوى فى حالته النمطية على ثلاثة معادن هى الفلسبار والميكا والكوارتز ٠

وبعض المعادن مثل الكالسيت والكوارتز والفلسبار يكون تواجدها شائعا فى الصـخور لدرجة أننا نسميها « المعادن المكونة للصـخور Rock-forming Minerals »، أما المعـادن الأخـرى مثل الذهب والمـاس ومعـادن اليورانيوم والفضة فانها توجـد نسبيا فى صـخور قليلة ٠

وتختلف المعادن بدرجة كبيرة فى تركيبها الكيميائى وصفاتهـا الفيزيائية ، وسوف نحاول الآن التعـرف على اهـم الصـفات الفيزيائية والكيميائية التى تمكننا من تمييز كل معدن على حدة ٠

التركيبات الكيميائية للمعـادن

لا يقع الشرح التفصيلى لعلم الكيمياء فى مجال هذا الكتاب ، ولكن من الضرورى أن نعطى مقدمة فى المصطلحات الكيميائية اذا أردنا أن نعرف التركيب الكيميائى للمعادن ٠

وكل المـواد بمـا فيها المعـادن تتركب من « عنصـر Element » أو أكثر ، والعنصر هو المادة التى لا يمكن تحليلها الى مواد أبسط منهـا بالوسائل الكيميائية المعتادة ، ومن الوجهة النظرية اذا أتيح لك أن تأخذ كمية من أى عنصر وتقسمها الى أجزاء صغيرة جدا فانك فى النهاية ستحصل على أصغر جزء لا يزال يحتفظ بصفات العنصر ، وهذا الجزء الضـئيل يسـمى « ذرة Atom » ، وبالرغـم من أن الـذرات صـغيرة جدا لدرجة أنه لا يمكن رؤيتها باقـوى الميكروسكوبات (علينا أن نضـع ١٠٠ مليون ذرة متجاورة لنحصل على خط طوله ١ سم) الا أننا نعرف الكثير عن هذه الذرات ، فنعـلم مثـلا أن « نواة » الذرة تتـكون من « بروتونات » وهى جسيمات موجبة التكهرب ، « ونيوترونات » وهى جسيمات متعادلة ، وخارج النواة جسيمات تدور حولها بسرعة ، وهذه الجسيمات سالبة التكهرب وتسمى « الكترونات » ، ومن المعروف الآن أن هناك عناصر معينة أمـكن تجـزئتها بالانشطار الذرى أو « تحطيـم الذرة » ولكن هذا لا يمكن اعتباره « وسيلة كيميائية عادية » ، وبالرغم من أنه يوجد فى الطبيعة ٩٢ عنصرا فقط الا أنه أمكن « تخليق » عدة عناصر أخرى صناعيا ٠

وبعض المعادن مثل الذهب والفضة تتكون من عنصر واحد فقط ، والأكثر شيوعا هو أن تتكون المعادن من عنصرين أو أكثر فى حالة اتحاد لتكوين « مركب » ٠ فمثلا يعتبر الكالسيت مركبا كيميائيا يعرف باسم كربونات الكالسـيوم ، ويمكن التعبيـر عن التركيب الكيميـائى لمركب ما بواسطة القـانون الكيميـائى (وهـو $CaCo_3$ فى حالة الكالسيت) وفيه يكون تمثيل كل عنصر بواسطة رمز ، ويشتق الرمز من اختصار للاسم اللاتينى أو الانجليزى للعنصر الذى يمثله الرمـز ، وبالنسبة لعناصر كثيرة فاننا نستخدم الحرف الأول من اسم العنصر كرمز له مثل H لذرة من الهيدروجين وكذلك C لذرة من الكربون ، فاذا بدأ اسـم عنصرين بنفس الحرف فاننا نستخدم حرفين كرمز لأحدهمـا للتمييز بينهما ، فمثلا ذرة الهيليوم يرمز لها بالحرفين He وذرة الكالسـيوم رمـزها Ca ، وبعض الرموز قد اشتقت من اختصار الاسم

اللاتينى للعناصر مثل Cu (من كلمة Cuprum) ويمثل ذرة من النحـــاس و Fe (من كلمـــة Ferrum) ويمثـــل ذرة من الحديد ، وتمثل الأرقام الصغيرة فى القانون الكيميائى النسبة التى يوجد بهـا كل عنصر ، وبذلك فان قانون المـاء هـــو H_2O ويدل على وجود ذرتين من الهيدروجين لكل ذرة اكسيجين موجودة فى الماء ..

وبالرغم من أننا نعرف أكثر من مائة عنصر فان ثمانية فقط من هـــذه العنـاصر منتشرة لدرجة أنهـا تكون أكثر من ٩٨٪ (بالوزن) وحوالى ١٠٠٪ (بالحجم) من القشرة الصلبة للأرض ، وهذه العناصر ورموزها والنسبة المئوية لها فى القشرة تشمل :

العنصر	الرمز	النسبة الوزنية	النسبة الحجمية
الأكسيجين	O	٤٦ر٧١	٩٤ر٢٤
السيليكون	Si	٢٧ر٦٩	٠ر٥١
الألومنيوم	Al	٨ر٠٧	٠ر٤٤
الحديد	Fe	٥ر٠٥	٠ر٣٧
الكالسيوم	Ca	٣ر٦٥	١ر٠٤
الصوديوم	Na	٢ر٧٥	١ر٢١
البوتاسيوم	K	٢ر٥٨	١ر٨٥
المغنسيوم	Mg	٢ر٠٨	٠ر٢٧
		٩٨ر٥٨	٩٩ر٩٣

وكما يدل الجدول السابق فان العنصرين الأكسيجين والسيليكـون يكونان ثلاثة أرباع وزن الصخور تقريبا ، وهـــذان العنصران من « اللافلزات » بينما العناصر الستة الباقية من « الفلزات » ، وتتميز الفلزات بالقدرة على توصيل الكهرباء والحرارة ، وقابليتها للطـرق على شكل صفائح والسحب على شكل أسلاك ، وبريقها اللامع (البريق هـو الطريقة التى ينعكس بها الضوء من سطح المادة) ، وبعض المعادن مثل الذهب والفضة والنحاس والحديد تدخل فى نطاق الفلزات ، أمـا

المعادن اللافلزية أو الصناعية فليس لها مثل الصفات التى ذكرناها ، وبعض المعادن اللافلزية النمطية تشمل الكبريت والماس والكالسيت ٠

البلورات :

عندما تتخذ المعادن البلورية شكلها الصلب وتنمو بدون أى تدخل من مؤثر خارجى ، فانها تعطى أشكالا ملساء ذات زوايا تعرف بالبلورات Crystals كما تعرف المستويات التى تكون السطح الخارجى للبلورات باسم « الأوجه Faces » ، وهذه الأوجه ذات علاقة مباشرة بالتركيب الذرى الداخلى للمعادن ، كما تعتمد مساحة كل وجه على تكرار الذرات فى المستويات المختلفة ، ويعتبر شكل البلورات والزوايا المحصورة بين المجموعات المترابطة من الأوجه البلورية وسيلة مهمة للتعرف على المعادن ٠

الأنظمة البلورية Crystal Systems :

كل معدن ينتمى الى أحد الأنظمة البلورية الستة ، وهذه الأنظمة قد قسمت بناء على عدد ووضع « المحاور البلورية Crystal Axes » وطولها النسبى ، والمحاور البلورية هى خطوط وهمية تمر بمركز البلورة (شكلا ١٥ ، ١٦) ، وتستخدم المحاور البلورية فى توجيه البلورة عند دراستها ، وعلى سبيل المثال فان البلورات المنتمية للنظام الرباعى لها ثلاثة محاور :اثنان متساويان فى الطول هما المحوران الأفقيان أما المحور الثالث (الرأسى) فقد يكون أكثر أو أقل طولا من المحورين الأفقيين ، ويجب أن يظل رأسيا عند توجيه البلورة فى الوضع الصحيح (شكل ١٦ ب) ، وهكذا فان المحور الرأسى للبلورة سيكون دائما عموديا على المحورين الأفقيين عند توجيه البلورة فى الوضع الصائب ٠

ولكل نظام بلورى نمط من التماثل يختص به كل أعضاء النظام وهو يختلف عن مثيله فى الأنظمة الأخرى ، ويمكن تحديد نمط التماثل عن طريق تحديد وضع المحاور فى البلورة ، وقد عرف علماء المعادن الأنظمة البلورية كالآتى :

١ ـ نظام متساوى الأبعاد أو المكعب Isometric or Cubic System :

البلورات التى تنتمى لهذا النظام لها ثلاثة محاور بلورية متساوية فى الطول ومتعامدة على بعضها شكل (١٦ ـ ١) ٠

٢ ـ نظام الرباعى Tetragonal System :

تتصف بلورات هـذا النظـام بأن لهـا ثلاثة محـاور متعـامدة ، والمحورات الأفقيان متساويان فى الطول ولكنهما اما أطول أو أقصر من المحور الرأسى (شكل ١٦ ـ ب) ٠

٣ ـ نظام السداسى Hexagonal System :

هذا النظام يتميز بوجود ثلاثة محاور افقية متساوية فى الطول وتتقاطع بزوايا ١٢٠ درجة ومحور رأسى عمودى على المحاور الأفقية وهو اما أطول أو أقصر منها شكل (١٦ ـ ج) ٠

٤ ـ نظام المعينى القائم Orthorhombic System :

البلورات المنتمية لهذا النظام لها ثلاثة محاور متعامدة ولكنهـا ليست متساوية فى الطول (شكل ١٦ ـ د) ٠

٥ ـ نظـام احـادى الميـل Monoclinic System :

وبلوراته لها ثلاثة محاور غير متساوية فى الطول ، اثنان منها متعامدان والثالث مائل بالنسبة للمحور الرأسى (شكل ١٦ ـ هـ) ٠

٦ ـ نظام ثلاثى الميل Triclinic System :

وبلوراته لها ثلاثة محاور غير متساوية فى الطول وتميل بالنسبة لبعضها البعض (شكل ١٦ ـ و) ٠

هيئة البلورة Crystal Habit :

أى بلورة معدنية قد تنمو بحيث تكون لهـا أشكال نمطية محـددة ، وهذه الأشكال تعرف بهيئات البلورات ،وهى مفيدة فى التعرف على المعـادن ؛ لأنها تدل على الأشكال (أو مجموعات الأشكال) التى يحتمل أن يتخذها المعدن ، وعلى سبيل المثال فان معدن التورمالين يتخذ « هيئة عمدانية » (شكل ١٧ ـ ب) ، وللجالينا هيئة سداسى الأوجه (شكل ١٧ ـ أ) ، وللباريت « هيئة منضدية » (شكل ١٧ ـ ج) ، وحيث ان بلورات المعـدن الواحد تنمـو فى حدود النظـام البلورى لهذا المعدن فانه بالتالى سوف تتخذ بلورة المعـدن المنتمية للنظـام المكعب صفات نظـام المكعب فقط ، ومع ذلك فانه عند تكون البلورات فى درجـات حرارة

مختلفة فانها قد تتخذ هيئات مختلفة داخل اطار النظام الذى تنتمى اليه ، فمثلا تتخذ بلورات الفلوريت التى تتكون عند درجة حرارة منخفضة هيئة سداسى الأوجه ، بينما البلورات التى تكونت عند درجة حرارة عالية تتخذ هيئة ثمانى الأوجه (أى هرم مزدوج) ، وفى بعض الأحيان فان بلورات المعدن الواحد قد تظهر خليطا من هيئتين مختلفتين ٠

وبالاضافة للحرارة هناك عوامل أخرى مثل الضغط وتركيب المحاليل التى تبلورت منها المعادن والاختلافات فى تركيب المعدن الواحد ، وقد يؤثر أى من هذه العوامل على هيئة البلورة ، ويمكن أيضا أن يغير وجود الشوائب فى المعدن من هيئته البلورية ٠

الصفات الفيزيائية للمعادن

لكل معدن صفات فيزيائية خاصة يمكننا عن طريقها أن نتعرف عليه او نميزه ، وبالرغم من أن بعض المعادن يمكن التعرف عليها بالعين المجردة فان بعضها الآخر يحتاج لبعض الاختبارات البسيطة ٠

والصفات الفيزيائية التى تفيدنا بصفة خاصة فى التعرف على المعادن هى : ١ ـ الصلادة ، ٢ ـ اللون ، ٣ ـ المخدش ، ٤ ـ البريق ، ٥ ـ الوزن النوعى ، ٦ ـ التشقق ، ٧ ـ المكسر ، ٨ ـ الشكل او الهيئة ، ٩ ـ التماسك او المرونة ، ١٠ ـ صفات أخرى ، ويجب أن يعرف الجيولوجى كيف يختبر عينة المعدن بهذه الطرق لكى يتعرف عليه ، وكثير من هذه الاختبارات لا يحتاج الى أدوات معملية مكلفة ويمكن عمله فى الحقل (أى المكان الذى وجدنا فيه المعدن مثل الجبل او المنجم) ، وبعض هذه الاختبارات يمكن عمله باستخدام بعض الأدوات المألوفة مثل سكين صغيرة (أو مبرد صلب حاد) وعملة نحاسية ومغناطيس صغير وعدسة جيب من النوع الرخيص لها قوة تكبير ٦ الى ١٠ مرات ، وقطعة من الزجاج وقطعة أخرى من بلاط « القيشانى » غير المزجج بالاضافة الى ظفر الاصبع ٠

الصلادة Hardness :

هى احدى الطرق القديمة لتمييز المعادن ، وتتحدد صلادة المعدن بأى المواد التى يخدشها وأى المواد التى تخدشه هو ، ويمكن اجراء اختبار الصلادة بمواد بسيطة يمكن حملها للحقل ، وللدقة يمكن استخدام

مقياس للصلادة يعرف باسم « مقياس موهز Mohs Scale » وهذا المقياس سمى باسم العالم الالماني فريدريش موهز الذى ابتكره منذ اكثر من مائة عام ، فقد لاحظ موهز أثناء دراسته لمجموعة المعادن التى يحتفظ بها أن بعض المعادن أصلد من غيرها ، وبالتالى فانه اعتقد بفائدة هذا الاختلاف فى التعرف على المعادن ، ولذلك فقد اختار عشرة معادن معروفة لاستخدامها كمعادن قياسية فى اختبار صلادة اى معدن آخر ، وأعطى موهز لكل واحد من المعادن العشرة رقما ، فأعطى التلك (وهو اكثر معادن المجموعة ليونة) رقم ١ ، كما أعطى الماس (وهو اشد المعادن صلادة) الرقم ١٠ ، وبالتالى فان مقياس موهز المكون من عشرة معادن قياسية مرتبة بحسب ازدياد صلادتها يكون كالآتى

١ ـ التلك (اكثرها ليونة) ، ٢ ـ الجبس ، ٣ ـ الكالسيت ، ٤ ـ الفلوريت ، ٥ ـ الاباتيت ، ٦ ـ الفلسبار ، ٧ ـ الكوارتز ، ٨ ـ التوباز ، ٩ ـ الكورانـدوم ، ١٠ ـ الماس (أصلد المعادن) .

ومعظم المعادن فى ترتيب موهز معروف لنا ويمكننا شراؤها على شكل مجموعات رخيصة ، وقطع الماس غالية نسبيا ولكن ليس اكثر من حدود المعقول ، لاحظ ان مقياس موهز مرتب بحيث ان كل معدن يمكن أن تخدشه المعادن الأخرى التى لها رقم أكبر من رقمه ، ويمكن لهذا المعدن ان يخدش المعادن الأقل منه فى رقم الصلادة .

ويمكننا ايضا ان نجرى اختبار الصلادة باستخدام الأشياء المعروفة التالية :

الصلادة	حوالى ٢ر٥	حوالى ٣	٥ ـ ٥ر٥	٥ر٥ ـ ٦	٦ر٥ ـ ٧
المادة	ظفر الأصبع	عملة نحاسية	قطعة زجاج	نصل سكين	مبرد صلب

وكل من المواد المذكورة سوف يخدش المعدن ذا الصلادة المشار اليها ، وعلى سبيل المثال فان ظفر الاصبع سوف يخدش التلك الذى صلادته ١ والجبس الذى صلادته ٢ ولكنه لن يخدش الكالسيت الذى صلادته ٣ .

وفى اختبارات الصلادة ننصح باستخدام المواد السهلة ، ابدأ بظفر الأصبع فاذا لم يخدش العينة فلتستخدم حد سكين صغيرة ، فان احدث حد السكين خدشا كان هذا دليلا على ان العينة ذات صلادة تقع بين٥ر٢ ، ٦ (انظر المقياس السابق) ، واذا نظرنا الى مقياس موهز نجد ان هناك ثلاثة معادن لها صلادة تقع فى هذا النطاق وهى: الاباتيت ٥ ،

والفلوريت ٤ ، والكالسيت ٣ ، فان لم يخدش الكالسيت العينة بينما يخدشها الفلوريت فان هذا يعنى أن صلادتها تقع بين ٣ ، ٤ ثم حاول أن تخدش الفلوريت بالعينة فان حدث ذلك حتى لو كان بصعوبة فان صلادة العينة تكون ٤ ، فان لم تخدش الفلوريت كانت صلادتها متوسطة بين ٣ ، ٤ ٠

اللـــون :

ربما كان اللون هو أول ما نلاحظه فى المعدن ، ومع ذلك فان نفس المعدن قد يختلف لونه كثيرا من عينة الى أخرى ، وفيما عدا استثناءات قليلة فان اللون له فائدة محدودة فى التعرف على المعدن ٠ وبعض المعادن مثل الأزيوريت يكون دائما ازرق اللون ، والمـــلاكيت اخضر والبيريت أصفر ، وهذه المعادن لها الوان ثابتة نسبيا ، ولكن بعض المعادن الأخرى مثل الكوارتز أو التـورمالين قد يكون لها تنوع كبير فى الألوان ، وبالتالى فان اللون قد يكون ذا فائدة محدودة فى التعـرف على هذين المعدنين ، ومثل هذا التغير فى اللون قد يعزى أساسا لوجود شوائب كيميائية بنسب صغيرة داخل المعدن ٠

وعند استخدام اللون فى التعرف على المعادن فمن الضرورى أن نأخذ فى الاعتبار بعض العوامل مثل : ١ ـ عما اذا كان فحص العينة فى ضوء طبيعى أو صناعى ، ٢ ـ اذا ما كان السطح الذى نفحصه طازجا أم متأثرا بالتجوية ، ٣ ـ اذا ما كان المعدن رطبا أم جافا ، وكل من هذه العوامل قد يسبب تغيرا فى اللون ، بالاضافة الى ذلك فبعض المعادن ذات البريق الفلزى قد ينطفىء بريقها ولن نتأكد من لونها الحقيقى الا على سطح طازج ٠

المخدش Streak :

عندما نحك المعدن فى قطعة من بلاط القيشـــانى غير المزجج (ظاهر البلاطة مثلا) فانها قد تترك خطا مثل العلامة التى يتركها القلم الرصاص أو اصبع الطبـاشير ، وهذا الخط يتكون من مسحوق المعدن ، ولون هذا المسحوق يعرف باسم « مخـدش المعدن » ، كما يعـرف لوح القيشانى غير المزجج الذى استخدمناه باسم « لوح المخـــدش » (شكل ١٨) ٠

وفى بعض الحالات قد يختلف المخدش عن لون المعدن الأصـلى ، فمثلا تترك قطعـة من الهيماتيت ذى اللون الأسـود مخدشا بين الأحمر

والبنى ، ولا تترك المعادن عالية الصلادة مثل التوباز والكورانـدوم أى مخدش ، وذلك لأن صلادة لوح المخدش حوالى ٧ ، أما صلادة التوباز فهى ٨ والكورانـدوم ٩ وهى أصلد من لوح المخدش وبالتالى فان كلا من المعدنين لن يعطى مسحوقا ٠

البـــريق Luster :

يعرف مظهر سطح المعدن عند رؤيته فى الضوء المنعكس باسم البريق ، وبعض المعادن تلمع كالفلزات (مثل الذهب والفضة) وهذا يعرف باسم البريق الفلزى ، وبريق المعادن الأخرى يسمى بالبريـــق اللافلزى ، وأهم أنواع البريق اللافلزى وأمثلتها هى كالتالى :

البريق الماسى : بريق لامع مصقول ، وأفضل نموذج هو الماس ٠

البريق الزجاجى : يشبه الزجاج ، مثل الكوارتز والتوباز ٠

البريق الصمغى : مثل بريق الأصماغ كالسفاليزيت ٠

البريق الدهنى : مثل سطح مدهون بالزيت ، مثل النيفيلين ٠

البريق اللؤلؤى : مثل اللؤلؤة ، كالتلك ٠

البريق الحريرى : مثل بريق الحرير أو الرايون (الحرير الصناعى) كالاسبستوس ونوع من الجبس (الساتان سبار) ٠

البريق المنطفىء أو الترابى : كما يدل الاسم ، مثل الطباشير أو الطين ٠

ويتوسط البريق شبه الفلزى بين البريقين الفلزى واللافلـــزى ، وأفضل مثال للبريق شبه الفلزى هو معدن الوولفراميت ٠ وتستخدم بعض المصطلحات كثيرا لتدل على درجة البريق مثل « لامع » (أى زاهى فى الضـــوء المنعكس) ، « ومتألق » أى (زاهى متلألىء) ، و « براق » (أى زاهى ومصقول) ، و أرضى » (يفتقد البريق) ، ويجب أن يؤخذ فى الاعتبار هنا بعض العوامل مثل انطفاء البريق (بالتجوية) ونوع الاضاءة والحالة العامة لعينة المعدن تحت الفحص ٠

الوزن النوعى Specific Gravity :

تعتبر الأوزان النسبية للمعادن ذات فائدة فى التعرف عليها ، اذ أن بعض المعادن مثل الجالينا (خام معدنى للرصاص) هى أثقل كثيرا

من غيرها ، والوزن النسبى للمعدن يعرف باسم « الوزن النوعى » ، والذى يمكن تعيينه بمقارنة وزن عينة من المعدن بوزن حجم مساو لها من الماء العذب ، وهكذا فان عينة من الجالينا (وزنها النوعى ٥ر٧) يصل ثقلها إلى ٥ر٧ مرة مثل وزن حجم مساو لها من الماء ٠

ولتعيين الوزن النوعى لعينة من معدن ما فانها توزن فى الهواء بميزان زنبركى (يسمى أحيانا بميزان جول ـ كراوس) ثم توضع فى الماء العذب وتوزن وهى فى الماء ، ويكون الوزن النوعى مساويا لوزن العينة فى الهواء مقسوما على النقص الحادث فى وزنها فى الماء ، وعندما يتم تعيين الوزن النوعى فانه يمكن مقارنته بالوزن النوعى للمعادن الأخرى حتى يمكننا التعرف على المعدن تحت الفحص ٠

التشقق والمكسر Cleavage and Fracture :

اذا ما ضغطت بلورات المعدن الى درجة تتخطى حد التشكل أو المرونة فانها تتعرض للكسر ، فان حدث كسر غير منتظم في البلورة فان هذا يعد «مكسر البلورة » ، ولكن اذا حدث كسر ليعطى سطحا له صلة بالتركيب البلورى فان هذا يسمى « تشقق البلورة » (شكل ١٩) ، وكل كسر أو « مستوى تشقق » له صلة قوية بالتركيب البلورى للمعدن ومستويات معينة للضعف داخل بلوراته ، ولأن عدد مستويات التشقق الموجودة والزوايا التى بينها هى دائما ثابتة بالنسبة لكل معدن ، لذلك فان التشقق يساعد كثيرا فى التعرف على المعدن ٠

وللمعدن اتجاه واحد أو اثنان أو ثلاثة أو أربعة أو ستة اتجاهات للتشقق ، ومثلا يتشقق معدن الجالينا فى ثلاثة مستويات (اتجاهات) عمودية على بعضها ، ولذلك فان تعرضت الجالينا لضربة سريعة من مطرقة فان البلورة سوف تنكسر الى عدد من المكعبات الصغيرة ، بينما يتميز الكالسيت بثلاثة مستويات للتشقق ولكنها غير متعامدة ، ولذلك فانه يعطى دائما عددا من الأجسام التى لها مستويات تشقق تتخذ شكل المعين ، ولذلك نقول ان للجالينا « تشقق مكعب » وان للكالسيت « تشقق معينى » ٠

وكثير من المعادن ينكسر بطريقة مميزة ، ولذلك فان سطح الكسر (شكل ٢٠) قد يكون له فائدة فى التعرف عليها ، وتوجد أنماط عديدة لمكسر المعادن وأكثرها شيوعا كالتالى :

المكسر المحارى : يتخذ الشكل المكسور للعينة شكلا شبيها بالسطح المقوس لصدفة ، وهذا النمط من المكسر يشبه شظية الزجاج ، مثل مكسر الكوارتز والأوبسيديان ٠

المكسر الليفى أو الابرى : يمكن رؤية الياف على سطح المكسر ، مثل البكتوليت ٠

المكسر المسنن : يتميز سطح المكسر بحواف خشنة مشرشرة ، مثل النحاس والفضة وفلزات أخرى ٠

المكسر المستوى : كما يدل الاسم ، مثل الماجنيزيت ٠

المكسر غير المستوى : مكسر ذو سطح خشن غير منتظم ، وهو نمط شائع فى كثير من المعادن ولذلك فهو ذو فائدة محدودة فى التعرف على المعدن ، مثل الجاسبار (نوع من الكوارتز) ٠

المكسر الأرضى : كما يدل الاسم ، مثل الكاولينيت ٠

التماسك Tenacity :

يمكن تعريف تماسك المعدن بأنه المقاومة التى يبديها المعدن للقوى التى تعمل على تمزيقه أو سحقه أو ثنيه أو كسره ، وهذه بعض المصطلحات المستخدمة لوصف الأنواع المختلفة من التماسك :

معدن هش : يمكن كسر المعدن أو تحويله لمسحوق بسهولة ، وهناك درجات لذلك فيقال معدن شديد التماسك ، أو متماسك أو هش ٠٠٠ الخ ، فالجالينا والكبريت معادن هشة ٠

مرن : يعود المعدن الى شكله الأصلى اذا ما تعرض للثنى ، مثل الميكا ٠

لدن : اذا ما تعرض المعدن للضغط فقد ينثنى ولكنه لا يعود الى شكله الأصلى مرة أخرى ، مثل التلك ٠

قابل للقطع : يمكن قطع المعدن ليعطى شرائح رقيقة ، مثل السيلينيت (نوع من الجبس) والتلك ٠

قابل للطرق : يمكن طرق المعدن حتى يصبح على شكل رقائق ، مثل الذهب والنحاس ٠

قابل للسحب : يمكن سحب المعدن حتى يصبح على شكل سلك ، مثل الذهب والفضة والنحاس ٠

صفات فيزيائية أخرى :

بالاضافة الى تلك الصفات المذكورة سابقا فان الخواص المعدنية التالية قد تساعد أيضا فى التعرف على المعادن ، وسوف نورد أمثلة للمعادن التى تظهر هذه الصفات :

تلاعب الألوان Play of Colors :

بعض المعادن تظهر تغيرا فى اللون عندما ننظر اليها من زوايا مختلفة ، مثل اللابرادوريت ٠

النجومية Asterism :

ويمكن ملاحظتها عندما يتخذ المعدن شكل النجم اللامع عندما ننظر اليه سواء بالضوء المنعكس أو النافذ ، مثل بعض عينات الفلوجوبيت والسفير النجمى ٠

الشفافية Transparency :

هذه الخاصية تشير الى قدرة المعدن على انفاذ الضوء ، والدرجات المختلفة للشفافية هى :

معتم : لا ينفذ الضوء خلال المعدن ، مثل الجالينا والبيريت والماجنيتيت ٠

نصف شفاف : ينفذ الضوء من المعدن ولكن لا يمكن رؤية أى شىء من خلاله ، مثل الكالسيدونى وأنواع من الكوارتز ٠

شفاف : ينفذ الضوء من المعدن ويمكن رؤية حدود الأشياء بوضوح من خلاله ، مثل الهاليت والكالسيت والكوارتز المتبلور الصافى ٠

المغناطيسية Magnetism :

يقال ان المعدن مغناطيسى اذا كان فى حالته الطبيعية قابلا للجذب للمغناطيس ، مثل الماجنيتيت والبيروتيت ٠

الاضاءة الذاتية Luminescence :

عندما ينبعث ضوء من معدن وهذا الضوء ليس نتيجة مباشرة لأى ضوء خارجى ساقط عليه ، حينئذ يقال ان هذا المعدن يصدر اضاءة

ذاتية ، وهى ظاهرة تحدث عادة عند تعرض المعدن للأشعة فوق البنفسجية ، كما أن التعرض للأشعة السينية أو أشعة المهبط أو الاشعاع من المواد المشعة يمكن ايضا ان يسبب اضاءة ذاتية ، فاذا أظهر المعدن ضوءا خلال فترة تعرضه للأشعة فوق البنفسجية (أو اية أشعة منشطة) قيل ان هذا المعدن يظهر خاصية الفلورة Fluorescence (مثل الشيليت والويليميت) أما المعدن الذى يظهر خاصية الفسفرة Phosphorescence » فيستمر فى التوهج بعد زوال المؤثر ·

اشباه المعادن Mineraloids :

بالرغم من أن معظم المواد المتعارف عليها كمعادن تكون متبلورة، فان بعضها تنقصه القدرة على التبلور ؛ وبدلا من هذا فانه يتكون على شكل مادة غروية متصلبة ، ومثل هذا النوع من المواد يطلق عليه اسم « أشباه المعادن » ، كما يمكن أن يقال انها « غير متبلورة » أى أنها لا تملك شكلا بلوريا مثل أنواع الأوبال ·

المعادن المكونة للصخور Rock-forming Minerals :

من بين حوالى ٢٠٠٠ معدن مختلف نعرف انها موجودة فى القشرة الأرضية فان قليلا منها هى التى تتواجد كمكونات غالبة فى الصخور الأكثر شيوعا ، وهذه المعادن التى تكون جزءا كبيرا من الصخور الأكثر شيوعا تسمى « المعادن المكونة للصخور » ومعظمها ينتمى لمجموعة « السيليكات » التى تتكون من فلز متحد من السيليكون والأكسجين ، ولأنها من اكثر المعادن شيوعا وانتشارا فاننا سنتكلم عن بعضها باختصار ·

معادن الفلسبار Feldspars :

تعتبر المعادن التى تنتمى لمجموعة الفلسبار اهم مجموعات المعادن المكونة للصخور ، وفى الواقع فان هذه المعادن كثيرة الانتشار لدرجة انه يمكن تقدير نسبتها بحوالى ٦٠٪ من القشرة الأرضية ، وتتواجد معادن الفلسبار فى أغلب الصخور النارية وكذلك فى كثير من الصخور الرسوبية والمتحولة (وسوف نشرح هذه الأنواع الثلاثة من الصخور فى الفصول القادمة) ، وكل معادن الفلسبار لها صفات فيزيائية متشابهة ، وقد تنتمى بلوراتها الى أى من النظامين أحادى أو ثلاثى الميل ، والتشقق فى اتجاهين بينهما زاوية قائمة أو قريبة من القائمة ، ومتوسط الوزن

النوعى ٢ر٦ والصلادة ٦ (أو أكثر قليلا) ، ولها بريق زجاجى أو لؤلؤى ، وهى تختلف كثيرا فى اللون من الأبيض الى الوردى أو الأصفر أو الأحمر أو الرصاصى أو الأخضر ، والمخدش أبيض أو عديم اللون .

ومن الناحية الكيميائية تتكون معادن الفلسبار من سيليكات الألومنيوم مع فلز آخر (أو فلزين) ، وهذه الفلزات قد تكون البوتاسيوم أو الصوديوم مع الكالسيوم (أو الباريوم فى حالات نادرة) ، وسوف نناقش فى الجزء التالى المجموعتين الرئيسيتين للفلسبار وهما الأورثوكليز والبلاجيوكليز :

الأورثوكليز Orthoclase :

هذا هو الفلسبار البوتاسى المنتشر نوعا والقانون الكيميائى له هو $K\,Al\,Si_3O_8$ (ويشير الى احتوائه على البوتاسيوم والالومنيوم والسيليكون والاوكسيجين) ، ولو أن بعض الأنواع تحتوى على الصوديوم أم الباريوم ، والأورثوكليز شفاف الى نصف شفاف ، من حيث اللون فقد يوجد منه عديم اللون والأبيض الرصاصى والأحمر (بلون اللحم الطازج) والأصفر والوردى ، وله بريق زجاجى وصلادته ٦ ووزنه النوعى ٥ر٢ الى ٦ر٢ ، ويتبلور فى نظام أحادى الميل وله تشققان سهلان بينهما ٩٠ درجة ، ومكسر مستو الى محارى بعض الشىء ، والمخدش أبيض الى عديم اللون ، وعادة يمكننا أن نميز الأورثوكليز من البلاجيوكليز (انظر الجزء التالى) بغياب التحززات (أى التقلم) ، والميكروكلين هو ضرب آخر من سيليكات الألومنيوم والبوتاسيوم وله نفس التركيب الكيميائى $K\,Al\,Si_3O_8$ مثل الأورثوكليز ، ولكنهما مختلفان فى النظام البلورى وبعض الصفات الفيزيائية الأخرى .

البلاجيوكليز Plagioclase :

هو مجموعة معادن فلسبار تعرف باسم مسلسل البلاجيوكليز(٦)، وتعرف أيضا باسم الفلسبار الصودى الجيرى ، وهى شائعة الوجود فى صخور نارية كثيرة وفى بعض الصخور المتحولة ، وألوانها هى الأبيض والأصفر والرصاصى الذى يميل للاحمرار حتى الأسود ، والبريق زجاجى والصلادة ٦ ،والوزن النوعى ٢ر٦ الى ٢ر٨ ، وهى شفافة الى

---

(٦) مسلسل البلاجيوكليز هو مجموعة من المعادن تتشابه فى الشكل البلورى ويتراوح تركيبها بين $Ca\,Al_2Si_2O_8$ ، $Na\,AlSi_3O_8$ بحيث يمكن أن تحل مجموعة Nasi مكان مجموعة Ca Al (أو العكس) بأى نسبة وينتج منها معدن متجانس ـ (المعرب) .

نصف شفافة وبها تشققان جيدان بينهما ٩٠ درجة وتشققان ضعيفان موازيان للأوجه المنشورية ، وهناك نوعان من البلاجيوكليز هما الالبيت (أو حجر القمر) واللابرادوريت ويتميزان بوميض داخلى يتراوح بين الأبيض والأزرق (وهو تلاعب لونى يعرف باسم الاوبالية) ٠

ومعادن الفلسبار لها أهمية اقتصادية كبيرة ، اذ يستخدم الأرثوكليز فى صناعة الخزف والصينى ومساحيق التنظيف ، كما تستخدم معادن الفلسبار فى صناعة الطلاء والتزجيج وفى صناعة الزجاج ، والفلسبار البلاجيوكليزى أقل استعمالا من الفلسبار البوتاسى وان كانت بعض أنواعه تدخل فى صناعة الحراريات ٠

الكوارتز (أو المرو) Quartz :

هو واحد من أكثر المعادن انتشارا ، ويكون جزءا مهما من كثير من الصخور النارية كما أنه منتشر فى عديد من الصخور الرسوبية والمتحولة ، وقد يكون الكوارتز مصاحبا لمعادن أخرى أو قد يكون المعدن الوحيد كما فى حالة الحجر الرملى النقى والكوارتيزيت ٠

ويتكون الكوارتز النقى من ثانى اكسيد السيليكون SiO_2 ولكن بعض أنواعه تحتوى على شوائب من أكاسيد الحديد أو المنجنيز ، وهذه الشوائب هى المسئولة عن الألوان العديدة لبعض أنواع الكوارتز ، ويتواجد الكوارتز فى تجمعات بلورية أو كحبيبات غير منتظمة الشكل أو على هيئة كتل ، ويستخدم مصطلح « خفى التبلور » (والمعنى الحرفى هو « البلورات المختفية ») لوصف أنواع الكوارتز التى لا تظهر فيها البلورات بوضوح ٠

ويتبلور الكوارتز فى نظام السداسى ، وبلوراته لها ستة أوجه منشورية ونهايتان هرميتان (شكل ٢١) ، وقد يكون عديم اللون أو ابيض ورديا أو بنفسجيا أو مدخنا أو رصاصيا أو بألوان أخرى عديدة ، وله بريق زجاجى وأحيانا دهنى ، وصلادته ٧ ووزنه النوعى ٢٫٦٥ ومكسره محارى أو غير مستو ، وقد يتراوح الكوارتز بين الشفاف والمعتم ، ويترك مخدشا ابيض أو ذا الوان باهتة جدا ٠

وبعض الأنواع المتبلورة الأكثر شيوعا من الكوارتز هى الاميثيست والكوارتز اللبنى (أى الأبيض مثل اللبن) والكوارتز الوردى والبلور الصخرى (شكل ٢٢) والكوارتز المدخن ، وتشمل الأنواع خفية التبلور

الأجيت (أو العقيق) والكالسيدونى والشيرت (أو الظران) والفلنت (ضرب آخر من الظران) واليشب ٠

ويمكن أن يتـواجد الكوارتز فى كل مـكان تقـريبا ، فمعظم الرمال يتكون أغلبها من فتات الكوارتز ، ويستخدم الكوارتز فى صناعـة الأجهزة الالكترونية مثل « الراديو » و « التليفزيون » وأجهزة الرادار ، وبعض أنواع الكوارتز تستخدم فى صناعة العدسات والمنشورات ، وهناك أنواع أخرى من الكوارتز لها قيمة كبيرة كأحجار نصف كريمة أو جواهر ، ويستخدم الحجر الرملى كحجر بناء كما يدخل رمل الكوارتز فى صناعة مواد السحج (الصنفرة) وفى خلطة « الخرسانة » (المستخدمة فى البناء) وفى صناعة الزجاج ٠

الميكـــا Mica :

تتميز معـادن الميكا بتشقق كامل موازٍ للقـاعدة (واسمه الشائع هو التشقق الميكائى) ، ويمكن التعرف على معـادن الميكا بسهولة لأنها تتواجد دائما على شكل صفيحات ورقية رقيقة ذات وميض ومرونة عالية ، وتتكون معادن الميكا (مثل معادن الفلســبار) من سيليكات الألومنيوم الا أنها ذات قانون كيميائى معقد ، وأهم الصفات الفيزيائية للمجموعة هى : النظام البلورى أحادى الميل ، والصــلادة ٢ الى ٣ والتشقق كامل وهو موازٍ للقـاعدة ، وتتراوح بين عديم اللون واللون الأسود ، والمخدش أبيض الى رصاصى ، والبريق لؤلؤى الى زجاجى والوزن النوعى ٢ر٧ الى ٣ر٤ ، وهى شفافة الى معتمة ، ومن الميكـــا نوعان فقط لهما أهمية خاصة كمعادن مكونة للصخور وهما المسكوفيت والبيوتيت ، ومع ذلك فان الفلوجوبيت والليبيدوليت يتواجــدان فى بعض الصخور بدرجة أقل شيوعا ٠

المسكوفيت Muscovite :

ويعرف أيضا باسم الميكا البيضاء أو « غراء السمك » ، وهو شفاف فى العادة ، ويتراوح بين عديم اللون والرمادى والبنى الفاتح ، وله صلادة من ٢ الى ٢ر٥ ووزن نوعى من ٢ر٨ الى ٣ر١ ، وبريقه لؤلؤى الى زجاجى ، وهو مكون شائع لبعض أنواع الجرانيت والبيجماتيت (انظر الفصل الرابع) اذ يتواجد فيهما بصفة رئيسية على شكل بلورات رقيقة مرتبة تشبه القشور ، كما يتواجد أيضا فى أنواع معينة من الصخور المتحولة والرسوبية ، وهو سيليكات معقدة للبوتاسيوم والألومنيوم ،

ويوجد المسكوفيت في أماكن عديدة من الولايات المتحدة (٧) تشمل نيوانجلند وكارولينا الشمالية وجنوب داكوتا وكولورادو .

وعلى المستوى الاقتصادى فان المسكوفيت يستخدم في صناعة الأدوات الكهربائية والقماش العازل والأشرطة العازلة ، وحواجز المداخن ومواد التشحيم والألوان ، وندف الثلج (في أشجار عيد الميلاد) .

البيوتيت Biotite :

وهو الميكا السوداء ، وهو نوع شائع من الميكا ويوجد عادة مصاحبا للمسكوفيت ، ويتواجد فى كثير من الصخور النارية والمتحولة حيث يمكن رؤيته على شكل صفيحات أو قشور رقيقة سوداء لامعة ، ولونه المعتاد بنى داكن الى أسود (وأحيانا أخضر) ، وهو سيليكات معقدة للألومنيوم والبوتاسيوم والمغنسيوم والحديد ، وباستثناء اللون الأسود فان الصفات الفيزيائية للبيوتيت هى غالبا نفس صفات المسكوفيت ولكنه يختلف عن المسكوفيت فى أن قيمته الاقتصادية لا تكاد تذكر .

البيروكسين Pyroxenes :

تتكون مجموعة البيروكسين من سيليكات معقدة ، وهى كثيرة الشيوع ضمن المعادن المكونة للصخور ، والصفات الفيزيائية للمجموعة هى : قد تتبلور اما فى نظام أحادى الميل أو النظام المعيني القائم ، واللون أخضر أو بني أو أسود ، والصلادة ٥ الى ٦ والوزن النوعى ٢ر٣ الى ٣ر٦ ، والبريق زجاجى أو صمغي أو متطفىء ، والمخدش أبيض الى رمادى يميل للاخضرار ، ويوجد نظامان للتشقق بينهما زاوية قائمة تقريبا .

وأكثر معادن البيروكسين انتشارا هو « الأوجيت » وهو مكون شائع للصخور النارية الداكنة اللون ، وينتشر وجود معادن البيروكسين أيضا فى بعض أنواع الصخور المتحولة .

الأمفيبول Amphiboles :

وهى مجموعة أخرى شائعة ضمن المعادن المكونة للصخور ، ولها صلة قرابة بمعادن البيروكسين ، وبسبب التشابه الكبير بين المجموعتين

---

(٧) كما يوجد المسكوفيت فى صخور الجرانيت وشيست فى الجبال على جانبى البحر الأحمر وفى أسوان وأماكن أخرى كثيرة فى الوطن العربى - (المعرب) .

فانه يصعب أحيانا التمييز بينهما ، ومن الناحية الكيميائية فان الأمفيبول يتركب من سيليكات معقدة للمغنسيوم والكالسيوم والحديد .

وتتبلور معادن الأمفيبول فى النظام المعينى القائم أو فى أحادى الميل ، وصلادتها ٥ الى ٦ والوزن النوعى ٢٫٩ الى ٣٫٣ ، وتتخذ بريقا زجاجيا عاليا على أوجه التشقق ، وتترك مخدشا عديم اللون الى باهت، ويوجد مستويان جيدان للتشقق يتقاطعان بزاويتين ٥٦ ، ١٢٤ درجة .

واكثر أنواع الأمفيبول شيوعا هو معدن « الهورنبلند » ، وهو مكون شائع للصخور النارية والمتحولة ، وصفاته الفيزيائيـــة هى : البلورات منشورية من نظام أحادى الميل ، واللون اسود الى اخضر داكن، والصلادة ٥ الى ٦ والوزن النوعى ٢٫٩ الى ٣٫٣ . والبريق زجـــاجى (الأنواع الليفية لها بريق حريرى) ، والتشقق منشورى كامل بزاويتين ٥٦ ، ١٢٤ درجة .

والأكتينوليت والتريموليت هما نوعان مهـــمان من الأمفيبول ، وبعض العلماء يعتبرهما معدنين منفصلين متميزين ، وآخرون يعتبرونهما معدنا واحدا أو يشيرون لهما باسم « مسلسل التريموليت ـ اكتينوليت » . وهما يتواجدان عادة على شكل بلورات طويلة منشورية بشكل ريشى ، أو كتل ليفية مثل الأسبستوس ، والتريموليت الليفى يستخدم كالأسبستوس بدرجة ما فى صناعة المواد المقاومة للحريق والمواد العازلة (والأسبستوس التريموليتى لا يجب أن يختلط فى الذهن مـــع الأســـبستوس السربنتينى أو الكريزوتيل ، والنوع الأخير هو الأكثر استخداما فى الصناعة) .

الكالسيت Calcite :

يتركب معدن الكالسيت من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ ، وهو اكثر معادن « مجموعة الكالسيت » شيوعا ، ويتواجد الكالسيت فى كثير من الصخور الرسوبية والمتحولة ، وهو المكـــون الأساسى لمعظـــم الأحجار الجيـــرية (انظر الفصل الخامس) . ويوجد الكالسيت على شكل كتل متبلورة أو حبيبية أو كتل من الطباشير ، أو فى معادن العروق ، وأيضا فى رسوبيات الكهوف وحول العيون ، وأيضا فى أصداف بعض الحيوانات (كالمرجان والقواقع وبلح البحر وغيرها) .

ومن الشائع أن نجد بلورات كاملة ذات شكل معينى تنتمى الى النظام السداسى ، وفى العادة يكون الكالسيت عديم اللون أو ابيض أو ضارب للاصـــفرار ، لكن وجود الشوائب به يمكن أن يعطى له الوانا

عديدة ، والصفات الاخرى هى : الصلادة ٣ والوزن النـوعى ٢٫٧٢ ، والبريق زجاجي الى منطفىء ، والمخدش ابيض الى رمادى ، والتشقق كامل فى اتجاهات المعينى الثلاثة وبين هذه الاتجاهات زوايا غير قائمة ، وزيادة على ذلك فان الكالسيت يحدث « فورانا » مع الأحماض المخففة على البارد ، وبعض انواعه لها خاصية « الفلورة » ، كما ان بلورات الكالسيت الصافية تظهر حالة « الانكسار المزدوج » وهذا يعنى اننا لو نظرنا الى اى شىء من خلال البلورة فسيبدو مزدوجا (شكل ٢٣) ٠

ومن انواع الكالسيت الأكثر انتشـــارا : الآيسلندسـبار وبلورات « اسنان الكلب » والطباشير والترافرتين (الذى يشمل الطوفة الجيرية المترسبة حول الينابيع واعمدة الصاعدات والهابطات فى المغـارات) والحجر الجيرى ٠

ويستخدم الكالسيت (الذى هو المكون الرئيسى للأحجار الجيرية والرخام) فى صناعة الأسمنت والجير الحى والملاط ، أو كمادة صاهرة لخامات الحديد فى الافران ، أو كحجر بناء أو حجر زخرفة ، ويستخدم الكالسيت ايضا فى صناعة الزجاج والألوان والأسمدة ، وبعض الأنواع الشفافة من الكالسيت تستخدم فى صناعة الأجهزة البصرية وخاصة منشورات الاستقطاب ٠

الدولوميت Dolomite :

كربونات مزدوجـــة للكالسـيوم والمغنسـيوم $CaMg(CO_3)_2$ وهو كثير الانتشار فى الصخور الرسوبية حيث يختلط عـــادة مـــع الكالسيت ، كما يتواجد ايضا مصاحبا لكثير من الخامات المعدنية ، وفى العروق والفراغات فى بعض الصخور النارية ويختلف الدولوميت عن الكالسيت فى أن الأول اكثر صلادة (٣٫٥) ، وللأحماض المخففة الباردة تأثير ضعيف نسبيا على الدولوميت ، وبلوراته ذات أوجـــه مقوسة ، ويغلب استخدامه كحجر بناء (كثير من انواع « الرخام » تتكون من الدولوميت) وفى صناعة الأسمنت كما يعتبـر مصـدرا للمغنسـيوم ٠

الأراجونيت Aragonite :

يتكون من كربونات الكالسـيوم مثل (الكالسيت) ، ولكنـه يختلف عن الكالسيت فى انه اقل ثباتا ، ويتبلور فى النظـام المعينى القـائم ، زيادة على ذلك فان الأراجـونيت ذو وزن نوعى أعلى (٢٫٩) ، كما انه اصلد (٣٫٥) من الكالسيت ، وهو يتكون كمعدن ثانوى فى فجـــوات الحجر الجيرى وكراسب حـول الينابيع السـاخنة والفـوارات ، وفى

رسوبيات الكهوف وفى أصداف بعض الحيوانات مثل بلح البحر والمرجان، ومع أنه أقل انتشـــارا من الكالسيت الا أنه يستخدم ايضـا فى نفس الأغراض ٠

الجبس Gypsum :

كبريتات كالسيوم مائى $CaSO_4 2H_2O$ وهـــو معـدن كثيـر الانتشار ، ويكون طبقات سميكة (كأحد نواتج التبخر) فى تكساس ونيـو ميكسيكو ونيـويورك وكاليفورنيا وميتشجان وأوهايو وكنتـاكى وكانساس (٨) ٠

والجبس عديم اللون أو ابيض (وقد يتخذ ألوانا عديدة فى حالة وجود شوائب) ، وصلادته ٢ ووزنه النوعى ٢ر٣ ، وبريقه زجاجى الى لؤلؤى أو حريرى وله مخدش أبيض ، وهو شفاف الى معتم ، ويتبلور فى نظام أحادى الميل وله تشقق واحد كامل (مثل تشقق الميكا) اذ يعطى صفائح رقيقة ، كما يوجـد نظامان غـير كاملين للتشقق ، ومن الأنواع الشائعة للجبس : السيلينيت والساتان سبار والألاباستر (٩) وكذا الجبس الصخرى ٠

وهو معدن ذو أهمية اقتصادية كبيرة ، اذ يستخدم فى صناعة ألواح الملاط وعجينة باريس كما يستخدم فى التربة الزراعية لتسميدها ، كمـا يدخل أيضا فى صناعة أسمنت بورتلاند والألوان والزجاج والخزف وأقلام الرصاص ، والنوع المعروف باسم الألاباستر يستخدم فى صناعة التماثيل وكحجر من أحجار الزينة ٠

الانهيدريت Anhydrite :

وتركيبه كبريتات كالسيـوم $CaSO_4$ ، ورغـم انه يشـبه الجبس كيميائيا الا انه لا يحتوى على الماء ، وهو أصلد وأثقل من الجبس ، ويتكون هذا المعدن على شكل كتل متماسكة ذات حبيبات دقيقة أو متوسطة ، وقد يكـون عـديم اللون أو أبيض أو رمـاديا ، وصـلادته ٣ الى ٥ر٣ ووزنه النوعى ٩ر٢ ، وبريقه زجاجى الى لؤلؤى أو دهنى ويترك مخدشا أبيض ٠

---

(٨) توجد رواسب الجبس فى البلاد العربية حول الخلجان وشواطىء البحر الأحمر وبعض مناطق شاطىء البحر المتوسط والمحيط الأطلنطى ـ (المعرب) ٠

(٩) ويختلف عن الألاباستر المصرى الذى تركيبه كربونات كالسيوم والذى يكثر وجوده فى بعض تماثيل الآثار المصرية القديمة ـ (المعرب) ٠

ويوجد عادة فى صخور الغطاء فوق بعض القباب الملحية كما فى تكساس ولويزيانا ، وعند تسخين الأنهيدريت قد يعطى أضواء قرمزية أو خضراء يشوبها اصفرار أو زرقاء تميل الى البياض ٠

ويستخدم الأنهيدريت فى صناعة أسمنت بورتلاند أو كسماد ، وفى صناعة أحجار الزينة (ولكن بدرجة أقل من الجبس) ٠

الهاليت Halite :

ويسمى عادة الملح الصخرى ، ويتكون من كلوريد الصوديوم NaCl ويتواجد على شكل بلورات مكعبة وكذلك على شكل كتل حبيبية ، وهو عديم اللون الى أبيض وقد يميل الى اللون الأحمر أو الأزرق أو البنفسجى بحسب نوع الشوائب ، وصلادته ٢ الى ٥ر٢ ووزنه النوعى ١ر٢ الى ٣ر٢ ، وبريقه زجاجى ومخدشه أبيض ، وله طعم مالح ، ويتميز بتشقق كامل فى النظام المكعب ، ومكسره محارى ويذوب فى الماء ، والتواجدات الملحية الكبيرة تكونت نتيجة لتبخر مياه بحار قديمة مثلما فى بعض الأماكن فى ولايات نيويورك ومتشيجان ونيوميكسيكو (١٠) حيث يتواجد الملح على شكل طبقات سميكة ، وفى منطقة « الجلف كوست » فى تكساس ولويزيانا يتواجد الملح على شكل كتل تشبه السدادة وكذلك على شكل « قباب ملحية » حدث لها انسياب الى أعلى خلال مناطق الضعف فى القشرة الأرضية ٠

الكاولينيت Kaolinite :

وتركيبه $H_4 Al_2 Si_2 O_9$ وهو ابسط مثال للمعادن الثلاثة أو الأربعة التى توجد بكثرة فى الصخور الطينية ، والكاولين (الذى يتكون أساسا من تحلل الصخور التى تحتوى على كميات كبيرة من الفلسبار) هو خليط غير نقى للعديد من المعادن الطينية ، ويتواجد الكاوليتيت على شكل كتل ترابية لينة مدمجة ، وله بريق ترابى منطفىء وملمس دهنى ، كما أن له خاصية مميزة هى التصاقه باللسان ، وعندما يبتل تكون له رائحة الطين كما يصبح قابلا للتشكيل ، وصلادته ١ الى ٥ر٢ ووزنه النوعى ٢ر٢ الى ٦ر٢ ، وهو مكون مهم للطين والتربة ويستخدم بكثرة فى صناعة الحراريات ٠

---

(١٠) توجد رواسب ملحية كثيرة فى تكوينات العصرين الثلاثى والرباعى فى كل البلاد العربية تقريبا ـ (المعرب) ٠

السربنتين Serpentine :

معادن السربنتين هى مجموعة معقدة من سيليكات المغنسيوم المائية $H_4 Mg_3 Si_2 O_9$ وتتكون عادة من كتل مدمجة لها ملمس ناعم أو دهنى والسربنتين العادى أو الكتلى داكن اللون (أخضر مائل للسواد) وله بريق شحمى أو صمغى ، وصلادته ٢ر٥ الى ٤ ووزنه النوعى ٢ر٥ الى ٢ر٨ ، والمخدش أبيض والكسر محارى أو مسنن ٠

ويوجد نوع ليفى من السربنتين وهو « الكريزوتيل » ، وهو معدن يستخدم كأسبستوس ، أما « الفيردى انتيك Verde antique » أو الرخام السربنتينى فهو سربنتين كتلى مختلط بغير نظام بمعادن بيضاء مثل الكالسيت أو الدولوميت ، ولأنه يمكن أن يكتسب لمعة عالية فان هذا الحجر يستخدم كخامة لفن الحفر وصخر للزينة ٠

الكلوريت Chlorite :

تتكون مجموعة الكلوريت من معادن تركيبها سيليكات معقدة للألومنيوم والمغنسيوم والحديد متحدة مع الماء ، وهى تشبه معادن الميكا ، وتتواجد فى العادة على شكل كتل ورقية أو مثل قشور السمك ، وقد تكون أيضا بلورات منضدية لها ستة أركان ، ومعادن الكلوريت لونها أخضر وبها تشقق واحد كامل ، والصلادة ١ الى ٥ر٢ والوزن النوعى ٦ر٢ الى ٣ ، ولها مخدش أخضر ، ومعادن الكلوريت تعتبر مكونا اساسيا لكثير من الصخور النارية والمتحولة ٠

المعادن الفلزية أو معادن الخامات Metallic or Ore Minerals :

تعتبر الفلزات (١١) من أكثر المواد المعروفة لنا من حيث الفائدة ، ولهذا السبب فان معادن الفلزات أو معادن الخامات ذات أهمية كبيرة بالنسبة للجيولوجى ، وهذه المعادن توجد فى « الرواسب المعدنية Ore Deposits » وهى كتل صخرية يمكن الحصول على الفلزات منها بطرق اقتصادية ، وعادة ما نجد مع المعادن الفلزية ذات القيمة بعض المعادن التى لا قيمة لها وتسمى « المعادن الغثة Gangue Minerals » ، وبالطبع فانه يجب أن يتم فصلها من معادن الخامات التى هى أكثر منها قيمة ٠

---

(٢١) نعنى بكلمة « فلزات » Metals وهو مصطلح كيميائى يجب تمييزه عن كلمة « معادن » Minerals ـ (المعرب) ٠

وسوف نناقش باختصار بعض الفلزات المهمة وخاماتها فى الجزء التالى ، وذلك لأهميتها الكبيرة وقيمتها الاقتصادية ٠

الألومنيوم :

يعتبر الألومنيوم من أهم الفلزات فى الصناعة ، ويتم استخلاصه بصفة أساسية من « البوكسيت » الذى هو خليط من عدة معادن تتركب كلها من اكسيد الألومنيوم المائى $Al_2O_3 . 2H_2O$ ، ويتواجد على شكل كتل ترابية تشبه الطفلة أو بهيئة « بازلائية » أى درنات كروية صغيرة بينها مادة لاصقة تشبه الطين ، وصفاته الفيزيائية هى : اللون أبيض أو أصفر أو بنى أو أحمر والصلادة ١ الى ٣ والوزن النوعى ٢ الى ٢ر٥ ، والمخدش مثل اللون ٠

ولأن الألومنيوم فلز خفيف ومقاوم للتآكل كما أنه قوى نسبيا لذلك فهو ذو فائدة خاصة فى بناء هياكل الطائرات وكذلك الأدوات المنزلية ومواد الزخرفة ، ويستخدم أيضا سى صناعة مواد السحج (الصنفرة) (١٢) ومعظم البوكسيت المنتج فى الولايات المتحدة يأتى من أركانساس ٠ وتعتبر سورينام وجيانا المنتجين الرئيسيين على المستوى العالمى (١٣) ٠

النحـــاس :

النحاس من اكثر الفلزات فائدة للانسان ، وقد كان له نصيب كبير فى تطور الحضارة ، وتوجد خاماته بصفة أساسية فى الصخور النارية أو رواسب العروق ، وهو واسع الانتشار فى أجزاء كثيرة من العالم وبالرغم من وجود معادن كثيرة للنحاس (وقد تم رصد حوالى ١٦٥ معدنا يحتوى على النحاس) فاننا سوف نناقش المعادن ذات الأهمية الاقتصادية الكبيرة فقط ٠

النحـاس الحـر : Native Copper :

يتكون على شكل كتل غير منتظمة أو ألواح فى شمال متشيجان ونيوجرسى ونيويورك وأريزونا والمكسيك وبوليفيا ، وللنحاس الحر صلادة ٢ر٥ الى ٣ ووزنه النوعى ٨ر٩ ٠

---

(١٢) المقصود هو اكسيد الألومنيوم ـ (المعرب) ٠

(١٣) توجد خامات البوكسيت فى السعودية وجنوب اليمن وليبيا ويحتمل وجوده ضمن تكوينات الحجر الرملى النوبى فى مصر ـ (المعرب) ٠

الكالكوبيريت Chalcopyrite :

ويعرف أيضا باسم بيريت النحاس وتركيبه $Cu\ Fe\ s_2$ ، وهـو منتشر فى صخور كثيرة ، ويعتبر الخام الرئيسى للنحاس ، ويوجد غالبا على شكل كتلى ، ويتواجد فى أماكن كثيرة من العـالم (١٤) ، وصفاته الفيزيائية هى : اللون مثل النحاس الأصفر أو الذهب (وقد ينطىء لونه فيصبح أخضر أو أسود) ، والصلادة ٣ر٥ الى ٤ والوزن النوعى ٢ر٤ والبريق لزى والمخدش أسود باخضرار ، وهو هش جـدا ، ويختلف عن البيريت فى أنه أشد اصفرارا وأكثر ليونة ، لكونه هشا جدا فانه يتميز عن الذهب ، اذ أن الأخير قابل للطرق دائما ، وفى بعض الأماكن قد يحتوى الكالكوبيريت على قليل من الذهب ، بل والفضة أيضا ٠

الكالكوسيت Chalcocite : $Cu_2\ s$:

من أهم معادن خامات النحاس ، ويتواجد عادة مبعثرا فى الصخور الحاملة له ، ولهذا السبب فقد سمى « خام النحاس البورفيرى » ، وقد يوجـد أيضا فى رواسب العـروق ، ويمكن استخراجه بسهولة وبطريقة اقتصادية بالرغم من وجوده غالبا فى خامات منخفضة الدرجة ، ويوجد الكالكوسيت بكميات اقتصادية فى الولايات الغربية التى بها مناجم للنحاس مثل مونتانا وأريزونا ويوتاه ونيفـادا ، ويستخرج أيضـا من منطقـة « كينيكوت » فى الاسكا ، وصفاته الفيزيائية هى : اللون رصاصى الى أسود (وقد يصدأ فيصبح أسود منطفئا) والصلادة ٢ر٥ الى ٣ والوزن النوعى ٥ر٥ الى ٨ر٥ ، والبريق فلزى والمخدش أسود رصاصى والمكسر محارى ، وهو هش ٠

الأزيوريت Azurite : $Cu_3\ (CO_3)_2\ (OH)_2$

يتميز بلونه الأزرق ويحدث فورانا مع الأحماض ، ويوجـد عادة على شكل كتل غير منتظمة أو ملساء مصاحبا الملاكيت (انظـر الجـزء التالى) ، وقد يكون على شكل بلورات قصيرة منضدية الشكل فى نظام أحادى الميل وذات لون أزرق سماوى ، والصلادة ٣ر٥ الى ٤ والـوزن النوعى ٣ر٨ ، والبريق زجاجى والمخدش أزرق فاتح والمكسر محـارى ، وهـو هش ٠

---

(١٤) توجد خامات النحاس فى موريتانيا وتونس والاردن والسعودية والسودان والجزائر والمغرب والعراق ، كما توجد له شواهد فى سيناء وصحراء مصر الشرقية ـ (المعرب) ٠

الملاكيت Malachite :

رغم أن تركيبه مشابه جدا للازيوريت الا أنه يتميز عنه بلونه الأخضر البراق ومخدشه الأخضر الفاتح ، والملاكيت اكثر انتشارا من الازيوريت ويكثر وجوده على شكل عروق فى الحجر الجيرى ، والملاكيت هو أحد خامات النحاس المهمة ، وقد استخدم بشكل محدود فى صناعة المناضد والفازات وبعض الأدوات الزخرفية ، ويتم استخراجه فى أريزونا ونيومكسيكو وسيبيريا وأفريقيا وفرنسا واستراليا ، وصفاته الفيزيائية هى : اللون أخضر زاه والصلادة من ٣٫٥ الى ٤ والوزن النوعى ٣٫٩ الى ٤٫٠٣ والبريق حريرى أو مخملى أو منطفىء ، والمكسر غير مستو ٠

الذهب :

للذهب مكانة كبيرة منذ فجر التاريخ الانسانى وذلك لجماله الفائق وليونته التى يمكن بها صياغته على شكل عملات وجواهر وأشياء أخرى نفيسة ، ومما يزيد من قيمته أن معظم الذهب فى العالم يوجد بشكل حر ، ولذلك فهو لا يحتاج الى عمليات معقدة أو مكلفة لاستخلاصه من خاماته ، ويكثر وجوده فى عروق الكوارتز وفى صحبة معدن البيريت وذلك على شكل ذهب حر Au (١٥) ، وصفاته الفيزيائية هى : اللون أصفر فاتح الى أصفر ذهبى والبريق فلزى ، والصلادة ٢٫٥ الى ٣ والوزن النوعى ١٩٫٣ (عندما يكون نقيا) والمخدش أصفر الى أبيض (حسب الشوائب) والمكسر مسنن ، وهو قابل للطرق والسحب بدرجة كبيرة ٠

الرصاص :

يعتبر معدن « الجالينا Galena » : PbS أهم مصادر الرصاص ، ويتواجد هذا المعدن فى أنواع عديدة من الصخور النارية والرسوبية والمتحولة ، وقد يكون على شكل احلال فى الحجر الجيرى أو على هيئة عروق أو تركيزات محدودة (أى جيوب) ، وكثيرا ما تصاحب الجالينا خامات النحاس والخارصين والفضة وقد تكون كمياتها كافية لأن تصبح ذات قيمة اقتصادية ، وللجالينا تشقق كامل فى اتجاهات المكعب وعادة ماتكون بلوراتها ذات شكل سداسى الأوجه أو هرم مزدوج ، وقد توجد أيضا على شكل كتل صماءحبيبية أو مدمجة، وصفاتها الفيزيائية: اللون رصاصى

---

(١٥) عرف الذهب والنحاس فى حضارة كل من مصر والعراق منذ اكثر من ٥ الاف سنة ، ويوجد الذهب فى عروق الكوارتز ورسوبيات الوديان فى السعودية واليمن ومصر والسودان ، ويصاحب خامات النحاس أو الرصاص فى الجزائر وموريتانيا (المعرب)٠

الفيزيائية: اللون رصاصى والبريق فلزى زاه ، والصـــلادة ٥ر٢ والوزن النـوعى ٤ر٧ الى ٦ر٧ ،والمخدش مثل اللون والمكسر نصف محارى ٠

وتستخرج معظم رواسب الجالينا فى الولايات المتحـدة فى المنطقـة المعروفة باسم الولايات الثلاث (ميسورى وكانساس واوكلاهوما) ، وتوجد أيضا كميات اقتصادية فى أستراليا وأمريكا الجنوبية وأوربا (١٦)٠

ويستخدم الرصاص ومركباته فى صناعة الألوان (على شكل أبيض الرصاص) ، وفى حروف المطابع والأنابيب وطلقـات الرصاص واللحام والسبائك الفلزية ، كما يســتخدم الرصاص كدرع تحمى من الاشـعاع والفعل الضار للأشعة السينية ٠

الزئبـــق :

أكثر معادن الزئبق انتشارا هو « السينابار Cinnabar » : HgS ويوجد السينابار فى أماكن محدودة نسبيا فى كل من الصخور البركانية والرسوبية وقرب الينابيع الحارة ، ويكون غالبا على شكل حبيبى دقيق أو فى كتل ترابية ، وصـفاته الفيزيائية كالتـالى : اللون أحمـر زاه الى بنى والبريق ماسى الى منطفىء والمخدش قرمزى ، والصلادة ٢ الى ٥ر٢ والوزن النوعى ١ر٨ والمكسر نصف محارى الى خشن ٠

وقد يوجد الزئبق الحر على شكل نقاط صغيرة فضية اللون فى بعض رواسب السينابار ، وأكبر الدول المنتجة للزئبق فى العالم أسبانيا ثم ايطاليا ، وتوجد أيضا رواسب للسينابار فى منطقة « بيج بند » فى تكساس وكاليفورنيا وواشنطن ونيفادا وبعض الولايات الأمريكية الغربية الأخرى (١٧) ، ويستخـدم الزئبق فى عمليـة الملغمة لاسـتخراج الذهب والفضة من خاماتهما ، كما يستخدم فى صناعة المفرقعـات ويدخـل فى تصنيع بعض الأجهزة العلمية مثل الترمومترات والبارومترات ٠

الفضـــــة :

الفضة هى أحد الفلزات ذات القيمة الكبيرة بالنسـبة للانسـان ، وتوجد على شكل فضة حرة Ag أو فى عدة خامات معدنية للفضة ، واذا وجدت الفضة حرة فى الطبيعة فانها تكون فاقدة اللمعان ، وتتواجد اما فى

---

(١٦) توجد خامات الرصاص والزنك فى المغرب العربى ومصر والسعودية والعراق ودول أخرى ـ (المعرب) ٠

(١٧) توجد خامات الزئبق فى تونس والجزائر واليمن ولبنان ـ (المعرب) ٠

العروق أو منتشرة خلال الصخور ، وصفاتها الفيزيائية هى : اللون أبيض فضى (وقد ينطفىء فيصبح رصاصيا أو أسود) والبريق فلزى والمخدش أبيض فضى ، والصلادة ٥ر٢ الى ٣ والوزن النوعى ٥ر١٠ (عندما تكون نقية) ، والمكسر مسنن والقابلية للطرق والسحب كبيرة ٠

الأرجنتيت . Ag_2S : Argentite

هو أحد الخامات المهمة للفضة ، ويوجد فى العروق مصاحبا للفضة الحرة أو بعض الكبريتيدات الفلزية الأخرى ، وفى العادة يكون كتليا أو على شكل قشرة خارجية كما قد يتخذ هيئة البلورات المكعبة أحيانا ، وصفاته الفيزيائية هى : اللون رصاصى مائل للسواد والبريق فلزى والمخدش رصاصى لامع ، والصلادة ٢ الى ٥ر٢ والوزن النوعى ٣ر٧ ، والمكسر نصف محارى وهو سهل القطع ٠

والمكسيك هى اكبر دولة منتجة للفضة والثانية هى الولايات المتحدة والثالثة كندا ، واكبر الولايات المنتجة هى مونتانا ويوتاه واريزونا (١٨) ، وتستخدم الفضة فى سك النقود وصناعة الحلى وادوات المائدة ، وفى طلاء الفلزات وفى التصوير الفوتوغرافى والصناعات الكيميائية والالكترونية ٠

القصدير :

يعتبر الكاسيتريت Cassiterite : SnO_2 اهم خامات القصدير ، وبالرغم من انتشاره الواسع على شكل كميات ضئيلة الا انه يتواجد فى بعض الصخور النارية بكميات اقتصادية ، اذ يكون فى العادة مصاحبا للكوارتز والتوباز والجالينا والتورمالين ، وصفاته الفيزيائية كالتالى : اللون متعدد فقد يكون أخضر أو بنيا أو أصفر أو أحمر أو رماديا ، والبريق ماسى الى نصف فلزى أو منطفىء ، والمخدش أبيض الى رمادى والصلادة ٦ الى ٧ والوزن النوعى ٨ر٦ الى ١ر٧ والمكسر محارى الى غير مستو ٠

وقليل من خامات القصدير يتم انتاجها فى الولايات المتحدة (وجدت كميات صغيرة فى الاسكا) ، واكثر الدول اهمية من حيث الانتاج الملايو وبوليفيا والصين والهند الصينية (١٩) ، ويستخدم القصدير فى الطلاء (طلاء المعلبات الصفيحية هو أحد استخداماته المهمة) وحروف الطباعة وصفائح القصدير وفى اللحام ، كما يخلط مع النحاس لانتاج سبائك البرونز ٠

---

(١٨) توجد خامات الفضة فى تونس والجزائر والمغرب والعراق ومسقط واليمن والسعودية ـ (المعرب) ٠

(١٩) توجد خامات القصدير فى مصر والجزائر ـ (المعرب) ٠

الخارصين :

هو أحد الفلزات التى لها أهمية اقتصادية كبيرة ، ومعدن السفاليريت Zns : Sphalerite ، هو الخام الأساسى للخارصين ، وهو معدن منتشر بدرجة ما ، ويشبه الجالينا من حيث المنشأ والتواجد كما يصاحبها فى أحوال كثيرة ، ويوجد فى العروق فى الصخور النارية والرسوبية والمتحولة وفى رواسب الاحلال فى الحجر الجيرى ، صفاته الفيزيائية هى: اللون أصفر أو بنى أو أسود ، والبريق صمغى الى ماسى والمخدش أصفر فاتح الى أصفر بنى ، والصلادة ٣ر٥ الى ٤ والوزن النوعى ٤ر١ ، والمكسر محارى والتشقق فى ستة اتجاهات ، ويتم انتاج الخارصين فى ١٨ ولاية أمريكية كما يتم انتاجه فى كندا والمكسيك وبيرو وأستراليا (١٦) ويستخدم الخارصين فى جلفنة الصلب ، وفى صناعة الألوان ومستحضرات التجميل ، وفى أحرف الطباعة وفى العمود الجاف (البطارية) وفى عديد من الأغراض الأخرى ٠

الحديد :

الحديد هو أحد الفلزات جمة الفائدة ، ويمكن الحصول عليه من عديد من معادن الحديد ، ومنها الهيماتيت والمجنيتيت والليمونيت ٠

الهيماتيت Hematite :

أهم خامات الحديد وتركيبه أكسيد حديديك Fe_2O_3 وهو من أكثر المعادن انتشارا فى الكرة الأرضية ، ويوجد على شكل طبقات كتلية سوداء أو على هيئة قشور فى الصخور الصفائحية (أى الشيست) ، ومعظم رواسبه حدث لها تغير واغتناء (٢٠) بواسطة المحاليل اللاحقة (٢١) ، وصفاته الفيزيائية هى : اللون رصاصى أو بنى محمر أو أسود بلون الحديد ، والبريق فلزى الى ترابى والمخدش أحمر (بغض النظر عن اللون) ، والصلادة ٥ الى ٦ر٥ والوزن النوعى ٩ر٤ الى ٣ر٥ ، والمكسر مسنن الى غير مستو ، وفى الولايات المتحدة توجد رواسب ضخمة من الهيماتيت فى مينيسوتا (فى سلسلة « ميزابى » الجبلية الشهيرة) والاباما وميتشيجان (٢٢) ٠

---

(٢٠) أى زيادة فى نسبة المعدن ـ (المعرب) ٠

(٢١) المقصود بها المياه الجوفية التى تتخلل الرسوبيات بعد تصخرها ـ (المعرب) ٠

(٢٢) توجد خامات حديدية كثيرة فى موريتانيا والجزائر وليبيا وتونس ومصر والمغرب وسوريا والسودان ٠٠ الخ ـ (المعرب) ٠

الماجنيتيت : Magnetite $Fe_3 O_4$

هو أكسيد مزدوج للحديدوز والحديديك ، وهو ينجذب بسرعة للمغناطيس ، وهناك نوع من الماجنيتيت يعمل كمغناطيس ويعرف باسم « لودستون » · وصفاته الفيزيائية هى : اللون أسود والبريق فلزى الى نصف فلزى والمخدش أسود · والصلادة ٥ر٥ الى ٥ر٦ والوزن النوعى ٥ الى ٢ر٥ ، والمكسر محارى الى غير مستو ·

الليمونيت : Limonite

مصطلح يستخدم للاشارة الى عديد من أكاسيد الحديد المائية المختلطة ببعضها (وقانونها الكيميائى هو Fe O .H O على وجه التقريب) ، ويتواجد على شكل كتل مدمجة أو ترابية ، وهو أحد الخامات الحديدية الشائعة نسبيا ، وصفاته الفيزيائية هى : اللون أصفر أو بنى أو أسود والبريق ترابى منطفىء والمخدش أصفر الى بنى ، والصلادة ١ الى ٥ر٥ والوزن النوعى ٣ر٤ الى ٤ والمكسر غير مستو ·

البيريت : Pyrite

أو « ذهب الغبى » هو معدن للحديد الذى يستخدم فى أحوال قليلة كمصدر للفلز ، وهو كبريتيد حديد FeS_2 وعادة ما يصاحب عددا من الخامات المختلفة كخامات النحاس والذهب ، ويعتبر البيريت مصدرا ذا قيمة كبيرة للكبريت اذ يستخدم فى صناعة حامض الكبريتيك ، وصفاته الفيزيائية هى : اللون أصفر (مثل سبيكة النحاس الأصفر) ، والبريق فلزى والمخدش أسود يميل للاخضرار أو يميل الى البنى ، والصلادة ٦ الى ٥ر٦ والوزن النوعى ٩ر٤ الى ٢ر٥ والمكسر غير مستو ، ويوجد عادة على شكل بلورات مكعبة جيدة التبلور وذات أوجه مخططة ·

المعادن المشعة : Radioactive Minerals

فى هذا العصر الذى يمكن أن نسميه « العصر الذرى » أصبح للمعادن المشعة دور متزايد فى الأهمية بالنسبة للتقنيات الحديثة ، وينتشر استخدام بعض هذه المعادن كمصدر للطاقة فى محطات القوى النووية ، وفى الطب (النظائر المشعة) وفى أنظمة التسليح الحديثة ، ورغم أنه يوجد العديد من المعادن المشعة فاننا سنناقش اثنين فقط من أكثرها أهمية ·

اليورانينيت Uraninite :

ويعرف أيضا باسم « معدن القار Pitchblende » وهو أهم مصدر لعنصرى اليورانيوم والراديوم ، وهو أكسيد معقد لليورانيوم UO_2 ويحتوى أيضا على كميات قليلة من الثوريوم والرصاص والهيليوم وبعض العناصر الشحيحة الأخرى ، وصفاته الفيزيائية هى : اللون أسود أو بين الأسود والبنى والبريق مثل القار أو نصف فلزى والمخدش أسود بنى ، والصلادة ٥ر٥ والوزن النوعى ٩ الى ٧ر٩ ، والمكسر غير مستو الى محارى ٠

وقد يوجد اليورانينيت كمعدن أولى فى بعض أنواع الجرانيت والبيجماتيت ، ومعروف أيضا بتواجده كمعدن ثانوى مع خامات الرصاص والنحاس والفضة ٠

الكارنوتيت Carnotite :

أو فانادات يورانيل البوتاسيوم $K_2 (UO_2) (VO_4)_2 3 H_2 O$ وهو معدن ترابى على شكل مسحوق ، وهو خام لليورانيوم والفاناديوم ، ويوجد الكارنوتيت عادة منتشرا داخل الصخور الرسوبية المتأثرة بالتجوية وخاصة الحجر الرملى ، كما يوجد أيضا على شكل كتل ترابية ، وصفاته الفيزيائية هى : اللون أصفر كنارى زاه والبريق ترابى والمخدش أصفر باهت ، ومن حيث الصلادة فهو لين جدا ووزنه النوعى ٤ ، والمكسر غير مستو ٠

وقد كان هناك انتاج كبير للكارنوتيت فى اقليم مونتروز فى كاليفورنيا ، وهناك مناطق منتجة أخرى فى أريزونا ونيومكسيكو ويوتاه (٢٣) ٠

المعادن اللافلزية أو الصناعية :

وتشمل المعادن التى لا تحتوى على فلزات أو التى لا تستخدم كفلزات ، وفى هذا القسم الكبير توجد مواد عديدة ذات قيمة اقتصادية كبيرة مثل الفحم والبترول والكبريت والأسمدة وأحجار البناء والأحجار الكريمة ، وسنورد وصفا لبعض هذه المواد ، وكذلك المعادن التى تعتبر مصدرا لها فى الجزء التالى :

---

(٢٣) توجد خامات مشعة فى ليبيا والجزائر والمغرب والأردن ، كما يعتقد بوجودها فى مصر ـ (المعرب) ٠

مواد السحج Abrasives :

(الصنفرة) وهى المواد التى تستخدم سى تلميع أو قطع مواد اخرى ، والمعادن التى يشيع استخدامها فى هذا الغرض هى الجارنت والماس والكورانـدوم وبعض انواع الكوارتز ٠

الأسبستوس Asbestos :

بعض معادن السيليكات الليفية تفيد فى صناعة المواد العازلة والمواد المقاومة للحريق ، وفى صناعة البلاستيك وتيل الفرامل (الكوابح) ٠٠٠ الخ ، واهم هذه المعادن الكريزوتيل والكروكيدوليت ومسلسل الاكتينوليت تريموليت ، ولسوء الحظ فقد تبين أن هذه المواد المعدنية المفيدة لها اضرار لانها عوامل مسببة للسرطان وسوف يقل استخدامها فى المستقبل ٠

الاسمنت والجير والملاط :

يستخدم الحجر الجيرى (الذى يتكون اساسا من كربونات الكالسيوم ، انظر الفصل الخامس) فى صناعة الأسمنت والجير وفى استخراج الحديد كما يستخدم كحجر بناء ، ويستخدم الجبس (الذى تركيبه كبريتات كالسيوم) فى صناعة الملاط والحوائط الجاهزة والطلاء وفى صناعة عجينة باريس ٠

المعادن الطينية :

تمدنا هذه المعادن وبعض المعادن الأخرى بالمواد الخام الأساسية فى صناعة الحراريات ، وهى تشمل طوب البناء والقرميد والخزف والصينى ، كما تستخدم المعادن الطينية ايضا فى صناعات الورق ومشمع الأرضية والأسمنت وأعمال المسابك ، وتستعمل انواع خاصة من الطين فى صناعة الطوب الحرارى اللازم لتبطين القماش والأفران وما شابه ذلك ٠

الأسمدة المعدنية :

البوتاسيوم والنيتروجين والفوسفور هى العناصر الأساسية الثلاثة التى تسبب ازدهار ونمو النباتات ، وصخور الفوسفات هى مصدر غنى بالفوسفور لأنها تحتوى على كمية كبيرة من معدن الاباتيت ،

والسيلفيت هو مصدر مهم للبوتاسيوم ، ومعادن النترات تستخدم فى امداد الأسمدة المعدنية بالنيتروجين ، ومعظم معادن النترات تنتجها شيلى ٠

والحجر الجيرى المطحون والجلوكونيت والجبس والبوراكس تستخدم أيضا فى عمل أسمدة معدنية خاصة ٠

الملح :

« الهاليت » (وهو الملح الصخرى الشائع) ويستخدم كثيرا فى الصناعات الكيميائية كمصدر مهم للصوديوم والكلور ، كما يستخدم أيضا فى دباغة الجلود والمستحضرات الغذائية وفى بعض المرطبات ، وهذا قليل من كثير بالنسبة لهذا المعدن المهم الذى كان ذا فائدة كبرى للجنس البشرى منذ الأزل ٠

الكبريت :

يوجد هذا المعدن اللافلزى فى الصخور البركانية وحول الينابيع الساخنة ومصاحبا لقباب الملح ، ويأتى الكثير من انتاج الولايات المتحدة من « صخر الغطاء » لبعض القباب الملحية فى منطقة « الجلف كوست » بولايتى تكساس ولويزيانا (٢٤) ، وصفاته الفيزيائية هى : اللون أصفر (تختلف درجة الاصفرار حسب وجود الشوائب) والبريق صمغى الى دهنى والمخدش أبيض والصلادة ١ر٥ الى ٢ر٥ والوزن النوعى ٢ر١ ، والكسر محارى الى غير مستو ٠ ويستخدم الكبريت كمزيل للألوان وفى صناعة الورق وحامض الكبريتيك ، وفى تصنيع البارود والثقاب ومبيدات الحشرات وفى الأدوية ، وأيضا فى تصنيع (أو فلكنة) المطاط ٠

الموارد المعدنية والاحتياجات الانسانية :

تعتبر المعادن الفلزية واللافلزية من أهم الموارد الطبيعية للانسان ، وهى مواد غير متجددة (أى تتناقص باستمرار) مثلها فى ذلك مثل الموارد الأخرى كالفحم والبترول والغاز الطبيعى ، أى أنه عندما تنضب المصادر الأرضية لهذه المعادن فانها لا يمكن أن تتجدد أو تتبدل ، كما أن الثروة المعدنية فى الأرض غير موزعة بانتظام ، ولا يمكن أن تدعى دولة بالاكتفاء الذاتى فى الموارد المعدنية ٠

---

(٢٤) يوجد الكبريت فى مصر فى العريش بسيناء وجمسة ورنجة بشاطىء البحر الأحمر كما يوجد فى العراق أيضا ـ (المعرب) ٠

وللحديد والالومنيوم أهمية خاصة فى أى مجتمع صناعى ، وهناك دول قليلة تمتلك هاتين الخامتين بكميات كافية ، ولا ينتج عن عدم توازن الامدادات من هاتين المادتين (ومواد معدنية أخرى) تأثير خطير على الاقتصاد العالمى فحسب ، ولكنه يؤدى أيضا الى مشكـــلات سياسيـة واجتماعية كثيرة ، وبالاختصار فان اعتماد الشعوب فيما بينها فى كل مكان بالنسبة للموارد المعدنية يعنى أنه يجب أن يكون هناك تبادل حر بالنسبة للمواد الخام بين الأمم ، ذلك اذا ما أريد أى طموح لمشاركة متساوية بين الجميع ٠

الفصل الرابع

الصخور النارية والظاهرة البركانية

الصخور النارية Igneous Rocks هى الصخور التى تصلبت من الحالة المنصهرة ، وقد اشتقت كلمة نارية Igneous من الكلمة اللاتينية ignis التى تعنى « النار » ، وقد سبق أن عرفنا أن درجات الحرارة فى أعماق الأرض عالية جدا وأن كثيرا من الصخور والمعادن توجد فى حالة منصهرة تسمى « الماجما Magma أو الصهارة » ، وهذه الصهارات هى أجسام كبيرة من الصخور المنصهرة مدفونة فى أعماق بعيدة داخل الكرة الأرضية ، وفى بعض الأحيان تتدفق مواد الصهارة على السطح الخارجى للأرض ، مثل ما نراه من انسياب اللابة من البراكين ، وهذه المواد المنصهرة التى تتجمد على السطح تعرف باسم « الصخور الطفحية Eruptive Rocks » أو الصخور النابطة Extrusive Rocks أو الصخور البركانية « Volcanic Rocks وفى أحوال أخرى لا تصل الصهارة الى السطح ولكنها تشق طريقها وتتدخل وسط صخور أخرى حيث تتصلب وتعرف باسم « الصخور المتدخلة Intrusive R. » أو « الصخور الجوفية Plutonic R. » ، ويمكن تمييز الصخور النارية عن الصخور الرسوبية والمتحولة عن طريق نسيجها وتركيبها ، والمعادن التى تكونها وبخلوها من الحفريات ، وقد قسمت الصخور النارية وفق (١) أصلها، (٢) نسيجها، (٣) تركيبها الكيميائى .

أصل الصخور النارية :

يعتمد هذا التقسيم على وضع الصهارة بالنسبة لسطح الأرض :

الصخور المتدخلة والجوفية :

وهى صخور تصلبت من مخاليط معدنية منصهرة تحت سطح

الأرض ، والصخور المتدخلة المدفونة على عمق أكبر نسبيا تبرد ببطء وتتخذ نسيجا خشنا مكونا من بلورات معدنية كبيرة نوعا (شكل ٢٤) ، ومن الناحية الأخرى فان الصخور التى تبردت بسرعـــة أكبر (بسبب قربها من سطح الأرض) تتخذ نسيجا أدق ، ويعتمد نسيج الصخـر النارى بدرجة كبيرة على شكل الحبيبات المكونة له وحجمها وترتيبها ، وينتج عن ظروف تزاحم حبيبات المعادن أن يكون شكلها الخارجى غير منتظم وله زوايا حادة ، وسنورد فيما يلى وصفا لبعض أنماط الصخور المتدخلة كالجرانيت والجابرو والبيريدوتيت والسيينيت ٠

الجرانيت :

(شكل ٢٤) وهو أكثر الصخور المتدخلة ذات النسيج الخشن شهرة وانتشارا ، وفى العادة فان التبرد والتصلب عند أعماق كبيرة داخل الأرض يؤدى الى تساوى البلورات فى الحجم (من ٥ر١ الى ١٢ ملليمتر) ، ويحتوى الجرانيت دائما على معدنى الكوارتز والفلسبار ، وفى العادة يكونان مختلطين باليكا أو الهورنبلند ، أما الأبليت Aplite فهو نوع من الجرانيت يحتوى على قدر أكبر من الفلسبار الاورثوكليزى مختلطا مع الكوارتز ٠

ولون الجرانيت فاتح دائما ، وقد يكون ابيض أو رماديا أو ورديا أو بنيا ذا اصفرار ، وفى العادة يمكن التمييز بسهولة بين حبيبات كل معدن على حدة ، ولكنها تلتحم ببعضها لتكون صخرا صلبا قادرا على البقاء لأزمنة طويلة ، والجرانيت ذو فائدة خاصة كصخر للبناء ولانشاء النصب التذكارية (٢٥) نظرا لمتانته ولامكانية اكتسابه سطحا لامعـا ، وتوجـد محاجر الجـرانيت الاقتصـادى فى كولورادو ومينيسـوتا وماساشوستس وتكساس وفيرمونت وأماكن أخرى من الولايات المتحدة ، وتوجد صخور الجرانيت عادة على شكل جذوع ضخمة أو باثوليث أو لاكوليث ٠

الجـابرو Gabbro :

هو صخر نارى ثقيل معتم اللون يتكون من فلسبار بلاجيوكليزى واوجيت ولا يوجد كوارتز ، وفى العادة تكون البلورات المعدنية رمادية اللون أو خضراء داكنة أو سوداء ٠

---

(٢٥) استخدم المصريون القدماء (ويعدهم الرومان) جرانيت أسوان الشهير فى نحت التماثيل واقامة المسلات وبناء المعابد ـ (المعرب) ٠

البيريدوتيت Peridotite :

يعرف الصخر الذى تسود فيه المعادن الداكنة باسم البيريدوتيت أو البيروكسينيت ، والكيمبرليت هو بيريدوتيت يتكون من خليط من البيروكسين والأوليفين وله شهرة بسبب العدد الكبير من بلورات الماس التى استخرجت منه ، ويوجد الكيمبرليت فى كيمبرلى بجنوب افريقيا ٠

السيينيت Syenite :

يشبه الجرانيت ولكنه أقل انتشارا ، وقد يحتوى على كوارتز قليل أو لا يحتوى على كوارتز ، واذا وجد الكوارتز فان الصخر يسمى « السيينيت الكوارتزى » ، ويتكون السيينيت أساسا من فلسبار بوتاسى مع بعض الميكا أو الهورنبلند ، وللسيينيت نسيج منتظم وبلوراته المعدنية صغيرة فى العادة ٠

الصخور الطفحية أو البركانية :

تتكون الصخور الطفحية عندما يتصلب صخر منصهر بعد أن يخترق طريقه الى سطح الأرض ، وقد تتدفق مثل هذه الصخور من فوهات البراكين أو من شقوق أو كسور كبيرة فى القشرة الأرضية ، وبالاضافة الى اللابة السائلة فقد يحدث قذف لحبيبات صلبة مثل الرماد البركانى أو القنابل البركانية وذلك أثناء الانفجارات البركانية ٠

وعندما تصل الصهارة الى سطح الأرض فانها تفقد غازاتها وتتعرض للتبرد السريع نسبيا ، وهذا يمنع النمو البطىء للبلورات ويؤدى الى نسيج بلورى دقيق لا يمكن رؤية بلوراته بالعين المجردة ، وبعضها يبرد بسرعة كبيرة لدرجة أنه لا يحدث أى تبلور فينتج الزجاج البركانى (انظر الجزء التالى) ، وبعض الصخور الطفحية الأكثر انتشارا هى الفلسيت والبازلت وحجر الخفاف والأوبسيديان ٠

الفلسيت :

الفلسيت مصطلح عام يطلق على الصخور النارية التى لها نسيج دقيق جدا وتبلغ دقته حدا يتعذر معه رؤية حدود الحبيبات (الفاتحة اللون) بعدسة تكبير عادية ، وقد يتدرج الفلسيت فى اللون من الأبيض الى الرمادى الفاتح الى الرمادى المتوسط أو يميل الى اللون القرمزى أو الأحمر أو الأخضر أو البنفسجى أو الاصفر وفى العادة يحتوى

الفلسيت على الكوارتز والأورثوكليز والفلسبار وميكا البيوتيت وهـذه هى نفس المعادن الموجودة فى الجرانيت (الذى هـو أحد أنماط الصخور المتدخلة) ، ولكن صخور الجرانيت لها نسيج خشـن التبلور بينما الفلسيت هو نموذج نمطى للتبلور الدقيق ، وهكذا نرى أن نفس الصهارة (التى تحتوى على الكوارتز والفلسبار الأورثوكليزى وميكا البيوتيت) عندما تتبرد على أعماق مختلفة من سطح الأرض قد تعطى صخورا لهـا نفس التركيب الكيميائى لكن شكلها الفيزيائى مختلف تماما ٠

البازلت :

هذا هو أحد الصخور الأكثر انتشارا فى العالم ، ودائما ما تكون صخور البازلت رمادية داكنة أو خضراء داكنة أو بنية أو سوداء اللون ، وهى ثقيلة دائما ولها نسيج دقيق الحبيبات وتتكون أساسا من بيروكسين وفلسبار البلاجيوكليز وقد تحتوى أحيانا على بعض الأوليفين ، ويوجد فى بعض صخور البازلت عدد كبير من الثقوب التى تدل على وجود سابق للفقاعات الغازية ، ومثل هذا الصخر المسامى يسمى « سكوريا » ويشيع وجوده فى كثير من انسيابات اللابة المتجمدة ، ومع مرور الوقت فان هذه الثقوب (أو الحويصلات) قد تمتلىء ببعض المعادن مثل الكوارتز أو الكالسيت ، ومثل هذه الحويصلات الممتلئة (التى تكون فى العـادة ذات شكل لوزى) تعرف باسم « اللويزات » ، ويسمى البازلت الذى يحتوى على عدد كبير من اللويزات « البازلت اللوزانى » ، وغالبا ما يعطى بلورات معدنية دقيقة ٠

ومن الشائع أن تجد الفواصل العمدانية فى البازلت ، وهى تحدث أثناء تبرد الصخور وانكماشها فتتفلق على شكل أعمدة رأسية (شـكل ٢٥) ، ويمكن رؤية أمثلة ملفتة للنظر فى الأعمدة البازلتية على شاطىء نهر « يلوستون » قرب شلال « تاور » بمنطقة « يلوستون ناشيونال بارك » وقرب « ديفلزتاور ناشيونال مونيومنت » فى ولاية ويومنج ويمكن أيضا رؤية صخور البازلت الناتجة من الانسيابات الكبيرة للابة فى جزر هاواى وفى غرب وجنوب غرب الولايات المتحدة ، كما توجد طفوح بازلتية كبيرة تغطى حـوالى ٣٢٥ ألف كيلومتر مربـع ويصل عمقها الى آلاف الأمتار فى بعض المناطق بالهند وشمال غرب الولايات المتحدة (٢٦) ٠

---

(٢٦) توجد طفوح بازلتية فى كل من اليمن وسوريا والأردن ومصر ـ (المعرب) ٠

وبسبب صلابتها الشديدة فان صخور البازلت ذات فائدة كبيرة فى رصف الشوارع وفى أغراض بنائية أخرى ، وبالاضافة الى ذلك فقد وجدت رواسب كبيرة من خامات النحاس فى بازلت لوزانى بشمال ولاية ميتشجان ٠

حجر الخفاف Pumice :

يطلق هذا الاسم على اللابة التى تتجمد أثناء تصاعد فقاعات بخار الماء والغازات الأخرى منها ، وهو يتكون من رغوة بركانية تبردت بسرعة ، وتتميز بوجود عدد كبير من الثقوب الدقيقة التى تعطى الصخر مظهرا يشبه الاسفنج (شكل ٢٦) ، وهذا الصخر ذو وزن خفيف جدا ويمكن أن يطفو على الماء لأن كل فراغاته الهوائية مقفلة ، ومن المعروف أن القطع الكبيرة من حجر الخفاف التى تقذف فى البحر (أثناء ثورات الجزر البركانية) تطفو لمسافات طويلة بعيدا عن موقعها الأصلى ، وفى الغالب يكون الخفاف ذا لون فاتح ، وبالرغم من اختلاف مظهره عن الأوبسيديان والجرانيت فان له نفس تركيبهما الكيميائى ٠

ويستخدم حجر الخفاف كمادة للسحج (الصنفرة) وفى صناعة الصابون والمنظفات ، وتدخل بعض الأنواع فى صناعة ممحاة الكتابة ، ومعظم كميات الحجر الخفاف الموجودة فى الولايات المتحدة تأتى من ولايات كاليفورنيا وكانساس ونيومكسيكو واوريجون (٢٧) ٠

الأوبسيديان :

ويعرف أيضا باسم الزجاج البركانى ، وهو صخر طفحى بركانى تجمد بسرعة كبيرة لدرجة لم تسمح بتكوين بلورات معدنية مستقلة ، وهو صخر نارى براق له مظهر الزجاج ولونه أسود أو بنى ذو حمرة (شكل ٢٧) ، وللأوبسيديان مكسر محارى ذو حواف حادة وبالتالى فقد استخدم هذا الصخر فى صناعة رؤوس السهام وأسنة الرماح والسكاكين وأدوات أخرى ، ويتكون الأوبسيديان بالتبريد السريع للسطح الخارجى للابة ، ويوجد الاوبسيديان فى بعض أنحاء كاليفورنيا ونيومكسيكو وأوريجون وأوتاه ، وأحد تواجدات الأوبسيديان ذات الشهرة هو « أجراف الأوبسيديان فى منطقة بلوستون ناشيونال بارك التى سبق

---

(٢٧) تصل كميات لا بأس بها من حجر الخفاف لشواطىء مصر وليبيا ودول عربية أخرى ـ (المعرب) ٠

أن جذبت انتباه الهنود الحمر فاستخدموا الصخر فى صناعة أسنة الرماح ورؤوس السهام ٠

نسيج الصخور النارية :

النسيج هو صفة فيزيائية للصخور النارية ، ويتأثر بمعدل التبرد أو التبلور من المصهارة ، ويستخدم هذا المصطلح دائما للاشارة الى الشكل العام لأى صخر ، كما يشير بصفة خاصة الى الشكل وحجم وترتيب معادن السيليكات فى الصخور النارية ، فالصخر الذى تكون حبيباته المعدنية كبيرة لدرجة أنه يمكن رؤيتها بسهولة بالعين المجردة يقال ان له «نسيجا حبيبيا » أو « نسيجا جرانيتيا » ، فان كانت الحبيبات المعدنية فى صخر ما صغيرة جدا ولا يمكن رؤيتها بالعين المجردة فانه يقال ان لهذا الصخر نسيجا دقيقا Aphanitic ، أما الصخور التى لها « نسيج زجاجى مثل الأوبسيديان فتظهر كأنها مكونة من زجاج ، وبعض الصخور النارية لها نسيج مختلط ، وهذا النوع من النسيج يسمى « بورفيرى Porphyritic » ويتصف باحتوائه على بلورات كبيرة نسبيا تسمى « البلورات الظاهرة Phenocrysts » محاطة بأرضية من بلورات أصغر (شكل ٢٨) ، وصخور البورفيرى (وهى التسمية التى تطلق على الصخور التى تتميز بهذا النسيج) تمثل طورين من التبرد والتصلب ٠

وهناك صخور متدخلة تبرد بمعدل بطىء جدا فتتكون فيها بلورات يتراوح طولها من بضعة سنتيمترات الى بضعة أمتار ، ومثل هذه الصخور الخشنة التحبب تسمى « البجماتيت Pegmatites وهى حالة خاصة من أنواع معينة من الجرانيت ٠

التركيب المعدنى للصخور النارية :

يعتمد نوع الصخر النارى (الذى تكون من صهارة أو لابة) أساسا على التركيب الكيميائى للمادة المنصهرة التى تكون منها الصخر ٠

صخور السيال النارية ذات اللون الفاتح :

الصخور النارية التى تحتوى على نسبة عالية من السيليكا تعرف باسم الصخور الحمضية أو الصخور السيالية Sialic ولفظ « سيال » مشتق من الرمز الكيميائى لكل من عنصرى السيليكون Si والألومنيوم Al ، وهذه الصخور ذات محتوى عال من السيليكا والفلسبار الصودى والبوتاسى ، وهى تحتوى على نسبة منخفضة من عناصر

الحديد والمغنسيوم والكالسيوم ، وفى العادة تتخذ الصخور النارية الحمضية لونا فاتحا كما أن وزنها النوعى منخفض اى انها خفيفة الوزن نسبيا ، وهى صخور سائدة الوجود فى القارات وتمثلها صخور الجرانيت والريوليت وحجر الخفاف ٠

صخور السيما النارية ذات اللون الداكن :

وهى صخور نارية داكنة اللون وثقيلة نوعا ما وتعرف باسم الصخور القاعدية أو الصخور السيمائية Simatic بسبب انخفاض نسبة السيليكا فيها وارتفاع محتواها النسبى من عناصر الحديد والمغنسيوم كما فى معادن البيوتيت والأوليفين والبيروكسين والهورنبلند، وتتواجد الصخور القاعدية اسفل الصخور الحمضية المكونة للقشرة الأرضية ، كما يعتقد انها تكون الجزر البركانية واجزاء كبيرة من قاع المحيط العميق ، وافضل نماذج الصخور النارية القاعدية هى صخور الجابرو والبازلت ٠

ويجب أن نلاحظ أن هناك درجات عديدة من الصخور الحمضية والقاعدية ، وأن هناك أمثلة كثيرة تقع ضمن الأنواع المتوسطة أو الانتقالية ٠

الصخور النارية المتوسطة :

هذه الصخور لها تركيب كيميائى متوسط ومن الناحية الصخرية فهى مزيج من النوعين السابقين ، ولونها يتراوح بين الفاتح والداكن والأمثلة النمطية هى الأنديزيت والديوريت ٠

اشكال تواجد الصخور النارية :

كما سبق أن ذكرنا فان الصخور النارية فى القشرة الأرضية تتكون باحدى طريقتين : فقد تتجمد على سطح الأرض كصخور طفحية أو تتصلب تحت سطح الأرض كصخور متدخلة أو جوفية ٠

كتل الصخور الطفحية أو البركانية :

وتوجد فى الغالب على شكل انسيابات لابة تتخذ هيئة الملاءة فى الطبيعة ، وبعض طفوح اللابة مثل تلك الموجودة فى « هضبة اللابة » بولاية كولومبيا (شمال غرب الولايات المتحدة بين شمال جبال روكى وسلسلة كاسكاد) تغطى مساحة تبلغ مئات الكيلومترات المربعة ويصل عمقها

الى حوالى كيلومتر ونصف ، وتنتشر الطفوح البركانية أيضا فى مناطق كثيرة من أريزونا وكاليفورنيا ونيومكسيكو وكولورادو وولايات أخرى فى الغرب والجنوب الغربى ٠

وتخرج بعض انسيابات اللابة من البراكين كما ينتج بعضها الآخر من الانسياب خلال الشقوق ، وكثير من طفوح اللابة يتخذ تشققا عمدانيا نمطيا (شكل ٢٥) ، كما قد يتكون معظمها أحيانا من كتل ضخمة غير منظمة من السكوريا ٠

كما قد تكون النواتج الطفحية النارية على شكل رماد بركانى وغبار وقنابل بركانية (كما سياتى فيما بعد) ، وفى بعض المناطق ذات النشاط البركانى المتزايد نجد اجساما مخروطية من الرماد البركانى قد تكونت ، واحدى الفوهات الشهيرة من هذا النوع هى « سوهة غروب الشمس » فى « ناشيونال مونيومنت » قرب فلاجستاف بولاية اريزونا ، وهناك امكنة معروفة أخرى تظهر فيها نواتج النشاط البركانى وبها مكاشف واضحة للصخور الطفحية مثل « لاسين فولكانيك ناشيونال بارك » وكذلك طبقات اللابة فى « ناشيونال مونيومنت » فى شمال كاليفورنيا ، و « كراترليك ناشيونال بارك » جنـوب اوريجون و « جبل كابولين ناشيونال مونيومنت» (وهو مخروط خامد فى شـمال نيومكسيكو) ثم « فوهـات القمـر فى ناشيونال مونيومنت » جنوب ايداهو ٠

كتل الصخور النارية المتدخلة أو الجوفية :

سميت هذه الصخور بالمتدخلة لأنه قد تم ادخالها او حقنها فى الصخور المحيطة ، ومثل هذه الصخور المتدخلة توجد عادة فى أعماق كبيرة ، وبالتالى فان الكتل الكبيرة من الصخور النارية Plutons لا يمكن رؤيتها بالعين الا اذا زالت الصخور التى تعلوها عن طريق عوامل التحات ، وسوف نناقش هنا بعض انواع الكتـــل الجوفية الشائعة :

الجدد القاطعة (القواطع) :

القـاطع Dike هو كتلة منضدية وقد يكون على شكل حائط ، وهو يقطع مستويات التطبق اذا ما دخل فى صخور رسوبية (شـــكل ٢٩) ، وتنتج القواطع من الصهارة عند حقنها فى الكسور والشقوق الصخرية ، وهى تتراوح فى الامتـداد من أمتـار قليلة الى كيلومترات عديدة ، وهى كثيرة الحدوث فى المناطق البركانية ويشيع وجودها مع الأعناق البركانية » (كما سيرد فيما بعد) ٠

الجدد الافقية (أو السدود) Sills :

وهى أجسام منضدية من الصخر النارى تنتشر غالبا كالواح افقية أو بين طبقات الصخور ، وهى تختلف عن الجدد القاطعة فى انها تقع موازية لمستويات التطبق ، وتمثل « خوازيق نهر هدسون » فى ولاية نيويورك ونيوجيرسى واجهة لجدد افقية ضخمة يصل سمكها الى بضعة مئات من الأمتار ٠

كتل اللاكوليث Laccoliths :

وهى أجسام منضدية من الصخر النارى تنتشر غالبا كالواح افقية وسطحها السفلى مستو نسبيا اما سطحها العلوى فهو محدب مثل القبة ، وهى تتدخل بين مستويات التطبق ، وتختلف عن الجدد الأفقية فى انها اكثر سمكا من الوسط وتترقق عند أطرافها ، وكثير من الجبال المقببة فى « جبال جوديث » فى مونتانا و « جبال هنرى » فى أوتاه تكونت بواسطة كتل اللاكوليث ٠

كتل الباثوليث Batholiths :

وهى أضخم المتدخلات النارية وتتميز بشكل غير منتظم ، وقد تشغل آلاف الكيلومترات المربعة ، وتمتد كتل الباثوليث الى أعماق كبيرة داخل الأرض كما تصبح أكثر ضخامة كلما زاد العمق ، ويغطى الباثوليث فى ايداهو أكثر من ٤٠ الف كيلومتر مربع ، وهناك كتل باثوليثية أخرى لها مكاشف وتشغل قلوب جبال روكى وجبال سيرانيفادا ٠

الجذوع النارية Stocks :

وتشبه كتل الباثوليث ولكنها تشغل مساحات أقل من ١٠٠ كيلو متر مربع ، ويعطى جبل « ستون » قرب اتلانتا فى جورجيا مثالا جيدا للجذع النارى ٠

البراكين

هى منافذ فى القشرة الأرضية تطفح منها الصخور المنصهرة والنواتج البركانية الأخرى ، وتعتبر البراكين والظواهر المنتسبة اليها (مثل المداخن والينابيع الساخنة) ضمن العوامل الجيولوجية المهمة ، وقد ورد ذكر نشاطاتها فى أقدم الكتابات التاريخية ٠

ويتخذ البركان النمطى شكل جبل مخروطى له فوهة قمعية الشكل عند القمة (شكل ٣٠) ، وهذه الفوهة تتصل بخزانة الصهارة تحت سطح الأرض بواسطة قناة وسطية ، وأثناء فترات الانفجار تنبعث الأبخرة والغبار والرماد والأحجار والصخر المنصهر (الذى يسمى اللابة) من الفوهة ، وتقع « خزانة الصهارة Magmatic Chamber » بعيدا فى أعماق الأرض ، وهى عبارة عن صهريج يحتوى على مواد صخرية منصهرة ساخنة ، وهذه المواد قد تتدخل فى قشرة الأرض أو تطفح على السطح ٠

توزيع البراكين :

يبدو أن البراكين الأرضية منتشرة بكثافة كبيرة فى بعض الأحزمة أو النطاقات الجغرافية المحددة (شكل ٣١) ، ويكثر وجود البراكين فى المناطق غير المستقرة من القشرة الأرضية أو قرب الأجزاء التى تنشط فيها ظاهرة بناء الجبال ، وكلتا الظاهرتين مرتبطتان بنطاقات الصدوع والكسور الكبيرة فى القشرة الأرضية ، وترتبط نطاقات الصدوع (كما سبق أن ذكرنا فى الفصل الثانى) بالحدود بين الألواح ، ومع ذلك فمن المعتقد أن بعض البراكين (مثل تلك التى فى جزر هاواى) تعزى الى العلامات الريشية أو « النقط الساخنة » التى تقع تحت بعض الألواح وبعيدا عن حدودها ٠

ويشمل نطاق الأحزمة حول المحيط الهادى أنشط البراكين فى العالم ، وهذا النطاق يحد المحيط الهادى عند حافتى القارتين آسيا وأمريكا ، وهذا النطاق (الذى يعرف باسم حزام النار) يشمل براكين أمريكا الجنوبية والوسطى والاسكا وجزر الكوتيا واليابان والفيليبين وجزر الهند الشرقية ٠

ويمتد نطاق البحر المتوسط من الشرق للغرب ويشمل براكين حوض البحر المتوسط وجزر الهند الغربية وجزر هاواى وجزر الأزور ، وبالاضافة للنطاقين السابقين توجد براكين أخرى فى المحيطات : الأطلنطى والهادى والهندى وفى أيسلندا والقارة القطبية الجنوبية ٠

وتوجد براكين نشطة عديدة فى الولايات المتحدة ، ومنها « قمة لاسن » فى منطقة « بركان لاسن ناشيونال بارك » بولاية كاليفورنيا ، وجبل كاتماى وجبل أنياكشاك فى الاسكا وبراكين هاواى النشطة وجبل سانت هيلين فى سلسلة الكاسكاد بولاية واشنطن ، كما توجد أجسام

مخروطية كثيرة لبراكين خامدة أو ساكنة فى الولايات المتحدة ، وبعضها مثل جبل سانت هيلين قد يستعيد نشاطه فجأة بعد مئات أو آلاف السنين من السكون ، وبعض الجبال المشهورة مثل جبل راينير فى واشنطن وجبل هود فى أوريجون وجبل شاستا فى كاليفورنيا وجبل سان الياس فى الاسكا هى مخاريط بركانية من هذا النوع الساكن ، وبعض البراكين المشهورة فى المكسيك هى باريكوتين وبوبوكاتيبتل وأوريزابا (٢٨) ٠

نشاط البراكين :

كما أشرنا سالفا فان بعض البراكين تنتمى الى النوع النشط وبعضها الآخر لم يثر فى خلال التاريخ الانسانى ، وللاستدلال على النشاط النسبى للبراكين فقد قسمت الى نشطة وساكنة وخامدة فالبراكين التى فى حالة ثورة دائمة أو منتظمة تعرف باسم البراكين النشطة ، أما البركان الذى أصبح غير نشط لكنه كان ثائرا منذ زمن قريب فيعرف باسم البركان الساكن ، وهناك أمثلة عديدة للبراكين الساكنة مثل بركان جبل فيزوف فى ايطاليا أو بركان جبل سانت هيلين فى الولايات المتحدة والتى قد تتعرض لثورات عنيفة بعد قرون عديدة من الخمول (شكل ٣١) ، فاذا لم يسجل التاريخ الانسانى ثورة لأحد البراكين القديمة عرف بأنه بركان خامد ، وهنا نجد أن الطبيعة تظهر ميلا لعدم الاعتداد بهذا التقسيم ، اذ أن بركان لاسن بيك « الخامد » فى كاليفورنيا وبركان سانت هيلين قد أصبحا نشيطين فجأة بعد فترات طويلة من الهدوء ، ويقول علماء البراكين انه من المحتمل أن البراكين الوحيدة التى أصبحت خامدة فعلا هى تلك التى عانت من عوامل التحات حتى مستوى خزانتها الصهارية ٠

النواتج البركانية :

عندما تثور البراكين فانها تقذف أنواعا كثيرة من المواد التى قد تختلف من الغازات وحتى الكتل الكبيرة من الصخور ٠

الغازات :

تتكون معظم الغازات التى تنبعث من البراكين من بخار الماء مع كميات متغيرة من ثانى اكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين والكلور ،

---

(٢٨) لا توجد براكين حديثة (سواء نشطة أو ساكنة أو خامدة) فى أى من البلاد العربية ـ (المعرب) ٠

واثناء ثورة البركان قد يحدث اختلاط بين الغازات المتسربة وكميات كبيرة من الغبار البركانى ، ويتصاعد الخليط من الفوهة على شكل سحب كبيرة داكنة يمكن رؤيتها على امتداد كيلومترات عديدة ، كما هو الحال فى ثورة بركان جبل سانت هيلين عام ١٩٨٠ حيث حملت الرياح الغبار لمسافات طويلة ، وبالرغم من أن هذه السحب المتربة والمكونة من بخار الماء كثيرا ما يشار لها باسم «الدخان » فانه يجب ملاحظة انها لم تنتج من نار حقيقية ٠

السوائل :

السوائل التى تخرج من البراكين هى الطفوح (أى اللابة) ، وهى كميات كبيرة من الصخور المنصهرة الساخنة لدرجة البياض ، وفى العادة تطفح اللابة من الفوهة التى على قمة البركان ، ولكنها فى حالات قليلة قد تخترق جانب المخروط البركانى وتتسرب عن طريق شقوق تكونت فى مناطق الضعف ٠

وليست كل اللابات متشابهة فى صفاتها الفيزيائية أو الكيميائية ، وقد تنعكس هذه الصفات من الطريقة التى ثار بها البركان ، ويؤثر التركيب الكيميائى للابة على درجة لزوجتهاوالتى تؤثر بدورها على معدل الانسياب ومسافته ، ويؤثر التركيب الكيميائى أيضا على الشكل النهائى للمخروط البركانى كما أن له علاقة بالتراكيب السطحية للصخر المتكون عندما تتجمد الطفوح المنصهرة ٠

وبسبب اختلاف تركيب اللابات فان الجيولوجيين يقسمونها الى « حمضية » و « قاعدية » و « متوسطة » ، وتحتوى اللابة الحمضية على نسبة عالية من السيليكا (٦٥ الى ٧٥٪) وتكون فى العادة لزجة القوام ولها طبيعة انفجارية فى أكثر الأحيان ، أما الطفوح القاعدية فتحتوى على سيليكا أقل (قد تقل عن ٥٠٪) وهى ذات لزوجة منخفضة وليست انفجارية ؛ بسبب امكان تسرب الغازات الذائبة فيها لميوعة اللابة، أما اللابات المتوسطة فانها تقع بين النوعين الحمضى والقاعدى كما أنها تحتوى على ٥٠ الى ٦٠٪ سيليكا ٠

وعادة ما يعكس تركيب اللابات وطريقة تبردها وتجمدها شكل التركيب السطحى لها ، فعندما تنساب اللابة على سطح الأرض تنخفض درجة حرارتها وضغطها مما يسمح بتسرب الغازات المحبوسة فيها ، وتتسبب هذه الغازات المتسربة فى تكوين الفقاعات التى تترك فجوات عندما تبرد اللابة ، وتعرف اللابة المتجمدة التى تحتوى على عدد كبير

من الثقوب باسم « سكوريا » ، ويسمى سطح اللابة المغطى بكتل ذات زوايا مشرشرة من السكوريا « آ آ » (أو آه ــ آه) ، كما تسمى اللابة التى لها سطح ناعم نسبيا ذو شكل متموج أو كالحبال المجدولة « باهوهو » (أو باهويا هويا) وهذان اللفظان مأخوذان من لغة أهل جزر هاواى حيث يوجد النوعان المذكوران من اللابة ٠

المواد الصلبة :

توجد عدة أنواع من المواد الصلبة التى تقذفها البراكين ، وهى تتراوح من الغبار الدقيق الى كتل ضخمة تزن عدة أطنان ، وهذه المواد الصلبة يشار اليها باسم « الفتات الحرارى « Tephra » أو « Pyroclastics » وتعتبر القنابل البركانية أحد أنواع الفتات الحرارى المهمة وغير العادية ، وهى أجسام كروية أو تشبه الكمثرى (شكل ٣٢) ، وتتكون من كتل ضخمة من اللابة التى تجمدت أثناء دورانها فى الهواء ، وبالاضافة الى الكتل الضخمة من اللابة فقد تقذف البراكين كتلا صخرية ذات زوايا ، والأجزاء الكبيرة فيها تسمى « الكتل البركانية » ، أما الأجزاء الصغيرة (مثل حجم الحمص) فانها تسمى « الحصى البركانى » أو « اللابيللى Lapilli » كما قد تنتج كميات ضخمة من « الرماد البركانى Cinders » و « الغبار البركانى » عندما تتجمد دقائق صغيرة من اللابة بعد قذفها فى الهواء مثل الغبار الذى تصاعد من بركان سانت هيلين ثم ترسب على منطقة بلغت مسلحتها عدة آلاف من الكيلومترات المربعة وسبب خسائر تعادل مئات الملايين من الدولارات ٠

الانفجارات البركانية :

يمكن تقسيم الانفجارات البركانية الى طفوح مركزية وطفوح الشقوق ، وفى الطفوح المركزية تخرج المواد البركانية من قناة وحيدة تصل الى الفوهة عند قمة الجبل البركانى ، والمواد البركانية التى تطفح بهذه الطريقة تبنى فى العادة مخروطا يتكون من اللابة أو الرماد أو طبقات متبادلة من المادتين ، ومثل هذا الطفح قد يكون انفجاريا أو هادئا وذلك حسب الصفات الكيميائية والفيزيائية للابة ، فان كانت اللابة المقذوفة من النوع الحامضى فانها تميل الى الخروج بطريقة انفجارية ، بينما تنساب الطفوح القاعدية خارجة من الفوهة بهدوء ٠

أما طفوح الشقوق فانها تحدث عندما تخرج كميات كبيرة من الطفوح من خلال شقوق واسعة أو سلسلة من الشروخ فى قشرة الأرض ،

وقد تظهر مثل هذه الطفوح فى منطقة واسعة كما يعتقد أنها مسئولة عن تكوين سهل اللابة وهضبات البازلت ، وقد تكونت معظم سهول اللابة فى الازمنة السابقة لوجود الانسان ، ولا يوجد أى نشاط بركانى حالى فى المناطق الملاصقة للطفوح ، وفى العصر الحديث حدثت طفوح من الشقوق فى مرة وحيدة فى ايسلاندا عام ١٧٨٣ ، اذ حدث فيضان من اللابة التى تدفقت على طول شق كبير قرب جبل « سكانيا » وغطى مساحة ٦٠ كيلو مترا مربعا ، وكما ذكرنا سابقا فهناك دلائل كثيرة على أن طفوحا شقية حدثت فى أوقات عديدة خلال الزمن الجيولوجى ٠

انمـاط البراكين

أحد التقسيمات الأكثر شيوعا للبراكين هو الذى يبين أربعة انماط رئيسية : البيلى والفولكانى والسترومبولى والهاوائى :

النمط البيلى Peléan :

وهو نمط بركانى انفجارى يطفح المواد بعنف ويقذف كميات كبيرة من الغازات والرماد البركانى والغبار وقطعا كبيرة من الصخور ، ومن المعتقد أن انفجارات هذا النمط تحدث فى البراكين التى تسد قناتهـا صهارة متجمدة ، اذ تحدث الغازات المتجمعة فى خزانة الصهارة ضغطا كبيرا لدرجة أنها تقذف السدادة (التى فى قناة البركان) فى الهواء ، وفى الغالب يكون الانفجار الحادث عنيفا بدرجة تكفى لنسف جزء كبير من البركان ذاته ، ودائما ما تصاحب انفجـارات هذا النمط سحب من الغازات والغبار البركانى ذات التأثير المتلف ، وتكون نتائجها كوارث هائلة تصيب الانسان ، وقد حدث أحد امثلة هذه الانفجارات عام ١٩٠٢ عندما انفجر بركان بيلى فى جزر المارتينيك وهى ضمن جزر الهنـد الغربية ، فبعد حدوث انفجارين عامى ١٧٦٢ ، ١٨٥١ لم يظهر أى دليل على أن البركان مازال حيا واعتقد الناس أنه أصبح خامدا ، ولكنه ثار بشدة سنة ١٩٠٢ لدرجة أن قمة البركان قد نسفت تماما ، وقد صاحب هذه الثورة سحابة سوداء من الغازات الساخنة والغبار والتى هبطت على مدينة « سان بيير » وقتلت ما يقـدر بثـلاثين الفا من الأحيـاء ، والثورات الحديثة لبركان سانت هيلين هى أيضا من النمط البيلى ، ومع ذلك فهناك ادلة قوية على أن ثوراته السابقة كانت مصحوبة بكميات كبيرة من اللابة ٠

النمط الفولكانى Vulcanian :

يتميز هذا النمط باللابة شديدة اللزوجة والتى تتجمد بسرعة بمجرد أن تلامس الهواء ، وتكون اللابة قشرة سميكة فى فوهة البركان بين كل ثورة وأخرى ، وتحدث كل ثورة تالية من خلال شقوق فى القشرة التى سبق أن تكونت ، وينتج هذا النوع من الثورات كميات كبيرة من الرماد والطفوح وسحبا ضخمة من الغبار والغازات ، وقد ثار بركان « فيزوف » فى ايطاليا عدة مرات بينها فترات هدوء ،وهو مثال للنمط الفولكانى من البراكين ٠

النمط الستروميولى Strombolian :

هذا النمط من البراكين فى حالة نشاط مستمر وهو يختلف تماما عن البراكين العادية التى تتميز بفترات متبادلة من النشاط والسكون ، وستروميولى هى جزيرة من « مجموعة ليبارى » فى البحر المتوسط عند الشاطىء الشمالى لجزيرة صقلية ، وفى هذه الجزيرة نجد المثال التقليدى لهذا النمط من البراكين ، وبركان ستروميولى نشيط باستمرار وتحدث فيه ثورات انفجارية على فترات متساوية ، وهذه الانفجارات يصاحبها انبعاث لابة لزجة وكميات كبيرة من الفتات الحرارى ، ويشار الى كل من النمطين الستروميولى والفولكانى باسم « البراكين المتوسطة » ٠

النمط الهاوائى Hawaiian :

هذا النمط الهادىء يتصف بتدفق اللابة قليلة اللزوجة والتى تسمح بهروب الغازات وحدوث أقل قدر من العنف الانفجارى ، وتطفح اللابة دائما من الفوهة مع احتمال حدوث طفوح جانبية من خلال شقوق على جوانب الجبل ، وعموما تصاحب الطفوح البركانية انفجارات صغيرة بسبب الغازات المتسربة والتى قد تخفق اللابة (٢٩) فتصنع رغوة قد تتجمد فيما بعد لتعطى سكوريا ، وربما كان أحسن مثال معروف لهذا النمط هو بركان « مونالوا » فى جزر الهاواى ، وهذا الجبل البركانى يرتفع الى ٤١٧٠ مترا فوق سطح البحر ، وله فوهة بيضاوية ويبلغ محيطها ٨ كيلومترات ، وهذه الفوهة الكبيرة لها حوائط راسية تقريبا ويبلغ عمقها ٣٠٠ متر ، وهناك بركان هاوائى آخر يتميز بنشاط كبير ويعرف باسم « بركان كيلويا » ٠

---

(٣٩) الرغوة الحادثة من خلق الغازات للابة تشبه الرغوة المتولدة من حلق البيض أو اضافة شراب الليمون لمحلول « الصودا » ـ (المعرب) ٠

الأشكال البنائية الناتجة من النشاط البركانى :

تنتج عن النشاط البركانى وطفوح اللابة Lava أربعة أنواع من « الصروح البركانية Edifices » أو الأشكال البنائية ، وهى الهضاب البازلتية (أو سهول اللابة) والجبال البركانية والكالديرات ٠

الهضاب البازلتية أو الطوفان البازلتى أو سهول اللابة :

وهى تتكون عندما تحدث فيضانات كبيرة من اللابة التى تنطلق من طفوح الشقوق وتنتشر على شكل طبقات تشبه الملاءة وتغطى سطح الأرض، وبعض طفوح اللابة هذه تتميز بامتداد كبير مثل هضبة كولومبيا التى تمتد فى ولايات أوريجون وواشنطن ونيفادا وايداهو والتى تغطيها لابة بازلتية على مسافة ٥٢٠ ألف كيلو متر مربع ، وقى تكونت من طفوح الشقوق ، وهذه الهضبة البازلتية الكبيرة تمثل تراكم انسيابات لابية عديدة وقد تتخذ سمكا يبلغ ١٢٠٠ متر فى بعض المواقع ٠

وتعتبر فوهات « مون ناشيونال مونيومنت » فى « ايداهو » جزءا من هضبة كولومبيا ، وتشمل أحدث دليل على طفوح الشقوق فى هذا الجزء من الولايات المتحدة ، وهناك هضاب بازلتية كثيرة فى أماكن أخرى من العالم ، ومن بينها « هضبة الديكان » فى الهند وهضبة بارانا فى أمريكا الجنوبية ٠

الجبال البركانية :

وهى جبال مكونة من نواتج بركانية لطفوح مركزية وتنقسم الى مخروط الانفجار Explosion Cone (أو مخروط الرماد Cinder Cone)، ثم المخروط المركب (ويسمى أيضا البركان الطبقى أو المخروط الطبقى) وأخيرا قبة اللابة Lava Dome(أو البركان الدرعى Shield Volcano) .

وتتكون مخاريط الانفجار من طفوح انفجارية تشمل طبقات متتابعة شديدة الانحدار وتتركب من الفتات الحرارى وتنتظم حول فوهة مركزية، ومخاريط هذا النوع نادرا ما تتعدى ٣٠٠ متر فى الارتفاع وغالبا ما تكون نتيجة انفجار بركانى واحد ، ونماذج هذا النوع من الجبال هى « جبل كابولين » فى شمال نيومكسيكو ومخروط الرماد فى « لاسن فولكانيك ناشيونال بارك » ، ثم «فوهة غروب الشمس» فى شمال أريزونا ٠

أما المخاريط المركبة (أو البراكين الطبقية) فهى براكين شديدة الانحدار وتتكون من طبقات متبادلة من اللابة والفتات الحرارى ، وهى جبال لها شكل مخروطى وجوانب مقعرة وقد يصل ارتفاعها الى ٣٧٠٠ متر ، ويعتبر تبادل طبقات اللابة والفتات الحرارى دليلا على حدوث فترات متناوبة من الهدوء والثورات الانفجارية ، ومن أشهر البراكين المركبة « جبل فيزوف » فى ايطاليا و « جبل فوجى » فى اليابان و « جبل رانير » فى واشنطن ، وقبيل ثورة ١٨ مايو لبركان سانت هيلين فقد كان من أكثر البراكين الطبقية انتظاما فى العالم .

وقبة اللابة (أو المخروط الدرعى) هى مخروط عريض القاعدة له انحدار طفيف ويتخذ سطحا علويا ذا تحدب لطيف (شكل ٣٣) ، ومثل هذا النوع من الجبال البركانية يتكون من عدد كبير من الانسيابات البركانية المكتنفة (أى التى تتخطى فيها الطبقات الحديثة ما يسبقها من طفوح) ، وهذه الانسيابات تكونت من خلال قناة مركزية أو من طفوح جانبيه من خلال شقوق ، وبراكين هاواى الكبرى هى نموذج لهذا النوع من الجبال .

الفوهات البركانية Volcanic Craters :

وهذه انخفاضات تشبه القمع تقع عند قمم الجبال البركانية ، وتنبعث الطفوح المركزية من خلال هذه الفوهات ، ومعظم الفوهات نتجت بسبب النشاط البركانى المتفجر ، ونادرا ما يتعدى قطرها ١٫٥ كيلومتر وعمقها بضع مئات من الأمتار .

الكالديرات Calderas :

هى منخفضات مستديرة تقريبا تشبه الأحواض وتوجد عند قمة البراكين ، وهى أكبر كثيرا من الفوهات البركانية ، ويوجد نوعان من الكالديرات : الكالديرا التى تتكون نتيجة نشاط بركانى انفجارى والأخرى التى تنتج من الانهيار أو الهبوط ، والكالديرات الانفجارية تحدث كنتيجة لانفجار بركانى عنيف يزيح كميات كبيرة من الصخور ، أما كالديرات الانهيار أو الهبوط فتنتج عندما ينهار الجزء الأعلى من البركان بسبب الانسحاب الفجائى للصهارة التى كانت تدعمه ، ويعتقد أن بعض الكالديرا الى بحيرة تغطى الآن مساحة حوالى ٣٢ كيلو مترا مربعا ويصل بحيرة الفوهة فى «كراترليك ناشيونال بارك » بولاية أوريجون مكان كالديرا كبيرة تكونت بعد انهيار بركان أصبح خامدا ، وقد تحولت

الكالديرا الى بحيرة تغطى الآن مساحة حوالى ٣٢ كيلومتر مربع ويصل عمقها الى ٦٠٠ متر ، أما جزيرة « ويزارد » فهى مخروط صغير من الرماد يقع داخل الكالديرا ويرتفع الى ما يقرب من ٢٥٠ مترا سوق البحيرة ، وقد تكون هذا المخروط بعد الثورات التى حدثت بعد تحطم قمة بركان « موتت مازما » .

مناطق النشاط الحرارى :

فى كثير من مناطق النشاط البركانى أو الصهارى نجد دلائل على تسرب غازات بركانية او أبخرة او ماء ساخن من الأرض وهذه الأماكن تسمى « المناطق الحارة » وهى ذات صلة قوية بالنشاط البركانى والصهارى .

الداخنات Fumaroles :

هى منافث أو شقوق فى سطح الأرض ينبعث منها البخار او الغازات ، وفى ايطاليا ينبعث البخار من بعض الداخنات بكميات كافية لتوليد الطاقة ، وبعض الداخنات تنبعث منها كميات ضخمة من الأبخرة الكبريتية وتسمى « سولفاتاراس Solfataras » .

الينابيع الحارة :

وتتكون عندما يصبح الماء الجوفى ساخنا بفعل وجود كتل ضخمة من الصهارة التى تقع قريبة من سطح الأرض نسبيا ، وكثير من هذه الينابيع (مثل الينبوع الحار الشهير فى اركانساس) هى مصحات وأماكن للاستحمام .

الفوارات Geysers :

الفوارة هى حالة خاصة من الينبوع الساخن يخرج منها عمود من البخار او الماء الساخن بالتبادل ، وتنشأ الفوارات فى المناطق التى تكون فيها حرارة الأرض مرتفعة بدرجة غير عادية وحيث يحتمل وجود شقوق طويلة ضيقة فى الصخور ، فعند قاع هذه الشقوق يسخن الماء الجوفى الى درجة حرارة أعلى بكثير من درجة غليان الماء العادى (١٠٠ درجة مئوية) ، وتصبح هذه السخونة الزائدة فى القاع ممكنة بسبب الضغط الحادث من الماء الذى يعلوه وعندما يتمدد الماء عند قاع الشقوق فانه يسبب صعود بعض الماء الذى يعلوه الى سطح الأرض ، وهذا الطفح المائى يخفف جزءا من الضغط ويسمح للماء شديد السخونة بالانفجار

على شكل بخار قاذفا عمودا كبيرا من الماء فى الهواء ، وبعض الفوارات مثل اولد فيثفول فى « يلوستون ناشيونال بارك » تثور بانتظام يثير الدهشة ، ولكن معظم الفوارات غير منتظمة الأداء ، ويوجد فى الوقت الحالى مائة فوارة وثلاثة آلاف ينبوع حار (غير متفجر) فى منطقة « يلوستون ناشيونال بارك » وحدها ، وتوجد الفوارات فى مناطق أخرى مثل ايسلاندا ونيوزيلاندا واليابان ·

وبعض مناطق النشاط الحرارى والنشاط البركانى (مثل تلك التى فى ايسلندا) تقع على الحدود بين الألواح ، والبعض الآخر (مثل جزر هاواى شكل ١٤ ، ويلوستون ناشيونال بارك) يبدو انها تقع فوق « نقاط ساخنة Hot Spots » أو « علامات ريشية Plumes » فى داخل الأرض ، فهذه المغالم الساخنة التى تشبه الانابيب (التى شرحناها فى فصل سابق) تنقل الحرارة ومواد الوشاح من الجزء السفلى الى أعلى حتى القشرة وبذلك تنتج نقاطا ساخنة على سطح الأرض ·

وبعض مناطق النشاط الحرارى توجد بها كميات كبيرة من البخار الطبيعى ، وفى شمال كاليفورنيا وايسلندا ونيوزيلندا وايطاليا أمكن استخدام هذا البخار كمصدر للطاقة الجيوحرارية ، وبالرغم من أنه قد اجريت عليها دراسات مكثفة فى بعض الأحيان لاستخدامهـــا كمصدر للطاقة ، الا ان تواجدها محدود جدا ولا يمكن اعتبارها ذات قيمة كبيرة فى حل مشاكل الطاقة مستقبلا ·

اسباب تكوين البراكين :

كما ذكرنا فى موضوع سابق فان اللابة تأتى من جيوب محدودة للصهارة موجودة فى القشرة أو الجزء الأعلى من البرنس ، ولا نعرف حتى الآن كيف تنشأ الصهارة بالضبط ، ومع ذلك فانه من المعروف أنه لا يمكن أن يوجد مستودع كبير للصخور المنصهرة داخل الأرض ، وقد امكننا تبين ذلك من الطريقة التى تنتقل بها بعض الموجات الزلزالية داخل الأرض ، وتثبت الدلائل التى نحصل عليها من الدراسات الزلزالية أن المواد التى تكون القشرة هى مواد صلبة فى الغالب ، كما أنه من المعتقد أن الصهارة لا يمكن أن تأتى من أعماق كبيرة داخل الأرض (لا يمكن أن يزيد عمق مصدرها عن حوالى ٤٠٠ كيلومتر) اذ أن تركيب وسلوك المواد الأرضية تحدث لهما تغيرات أساسية عند هذا العمق ، والدليل على هذا يمكن أخذه من سلوك الموجات الزلزالية ومن دراسات تجريبيـــة أخرى ·

وأحد التفسيرات التى قدمت عن أصل الصهارة هو أنها تعزى الى نقصان فى الضغط عند أماكن معينة فى القشرة ، وقد يحدث هذا النقصان فى الضغط بسبب انثناء أو كسر الصخور التى تعلو خزانة الصهارة ٠

كما افترض بعض العلماء أن انصهار الصخر قد يعزى الى زيادة فى الحرارة نتجت عن انشطار ذرى لبعض المعادن المشعة فى الصخور ، ومن المعروف (من قياس درجات الحرارة فى الآبار والمناجم) أن صخور القشرة تزداد درجة حرارتها بالتدريج مع ازدياد العمق ، فاذا كان ارتفاع درجة الحرارة منتظما فان درجة حرارة الصخور عند أعماق تصل الى ٣٠ كيلو مترا تكون عالية بدرجة تكفى لانصهارها ، ولكن هذه الصخور العميقة لا تنصهر بسبب الضغط الكبير الواقع عليها ، اذ أن الصخور اذا انصهرت فهى تتمدد ، ولهذا فان الضغط العالى الذى يحبسها يمنع انصهارها حتى فى حالة تجاوز الحرارة لدرجة الانصهار ، فاذا قل الضغط فى مكان ما فان المواد الساخنة تنصهر وتكون جسما من الصهارة ٠

ولا يزال المصدر الحقيقى لحرارة البراكين غير معروف تماما فقد يكون جزءا من حرارة الأرض الأصلية التى لم تتشرب بعد ، كما قد يكون ناتجا من تراكم الحرارة بفعل الكميات الصغيرة من العناصر المشعة الموجودة فى القشرة الأرضية ، أو من الحرارة المتولدة من تأين الضغط داخل الأرض ٠

وقد أظهرت القياسات أن متوسط معدل ازدياد درجة الحرارة هو درجة واحدة مئوية لكل ٣٠ مترا عمقا ، وبسبب ازدياد الضغط مع العمق فان درجة حرارة انصهار الصخور تزيد أيضا ، فاذا ما حدث انخفاض فى الضغط فى أحد المواقع فان ذلك يحدث انخفاضا فى درجة انصهار الصخر مما يسبب تحوله الى الحالة المنصهرة ، وبالاضافة الى ذلك فان الصخور موصل ردىء للحرارة ، وهذه الحقيقة تفسر تكون الصهارة فى مواقع محدودة من القشرة أو الوشاح ٠

وحديثا أمدتنا نظرية تكتونية الألواح بدلائل جديدة عن أسباب الظاهرة البركانية ، فقد سبق أن رأينا أن معظم البراكين تنتج من حركة ألواح القشرة الأرضية ، وأن « حزام النار » فى المحيط الهادى (شكل ٣١) هو دليل على أحد أنواع النشاط البركانى ، وفى حالة سلاسل البراكين فى الجزر القوسية (مثل جزر اليوتيان) وعلى الحواف القارية (مثل براكين جبال الانديز) حول جزء كبير من المحيط الهادى فانها

تتكون حول ألواح محيطية منضدية ، ويتكون المحور الرئيسى للبراكين عند حوالى ١٢٠ كيلومترا فوق النطاق المائل للزلازل الذى يميز انزلاق لوح القشرة فى أعماق البرنس ، وهكذا فان العوامل التى تعزى الى عملية الانزلاق فى الأعماق هى التى تتحكم فى تكوين الصهارة ، وكمثال لهذا فاننا يمكننا ان نعيد ذكر حالة بركان سانت هيلين ، اذ أن كثيرا من الجيولوجيين يعتقدون أن الصهارة التى تغذى سانت هيلين قد تولدت عندما انزلق لوح جوان دى فوكا (الصغير نسبيا) تحت لوح أمريكا الشمالية (شكل ٣٤) .

وتساعدنا نظرية تكتونية الألواح أيضا على تفهم أسباب تكوين بعض المناطق البركانية التى ليس لها علاقة بظاهرة الخسف والانضواء على طول الحدود بين الألواح ، اذ تتكون جزر الهاواى من سلسلة من المخاريط البركانية التى ترتفع آلاف الأمتار من قاع المحيط الهادى ، وهذه السلسلة من البراكين قد تكونت على التوالى ، فكل بركان يقع فى اتجاه الشمال الغربى يكون أقدم من البركان الذى فى اتجاه الجنوب الشرقى ، وجزيرة هاواى (وهى أكبر بركان فى السلسلة) ترتفع الى أكثر من ٩ آلاف متر فوق قاع المحيط ، وبراكينها النشطة تثور كل بضع سنين .

هذه السلسلة الكبيرة من البراكين تستمر فى اتجاه الشمال الغربى كأساس للشعاب المرجانية الحلقية حتى منطقة « ميدواى » ثم على شكل جبال بحرية (مخاريط بركانية غاطسة ومتآكلة) على طول الطريق حتى « كامشاتكا » فى شمال شرق روسيا ، ومن المهم أن نلاحظ أن التاريخ العام لتسلسل البراكين والجبال البحرية يستمر بالشكل التالى : المخاريط الأقدم تقع فى الشمال الغربى بينما البراكين الأصغر عمرا الى الجنوب الشرقى منها .

وربما يرجع تواجد البراكين الوسط لوحية وتسلسل العمر فيها الى أن لوح المحيط الهادى يتحرك ببطء فوق « نقطة ساخنة » فى الوشاح العميق ، وتستمر الصخور المنصهرة (المصاحبة لهذه الريشة) فى الصعود خلال اللوح الذى يعلوها ، وبينما يستمر اللوح فى رحلته فى اتجاه الشمال فانه يترك سلسلة من البراكين وبقاياها المتآكلة (شكل ١٤) .

وباختصار فان الأسباب النهائية للنشاط النارى ترجع الى نفس العوامل الداخلية التى تسبب الزلازل وتكون الجبال وتحدث التحول ، هذه القوى هى نتيجة التفاعل المعقد لعوامل كثيرة لم يمكننا تفهمها

تماما حتى الآن ، وعلينا أن نشكر الله تعالى على التقدم الهائل فى المعلومات الجيولوجية ، عن طريق البحث العلمى الناتج من الاهتمام بنظرية تكتونية الألواح ، فقد أصبحنا الآن على دراية أفضل بكثير عما كنا نعرفه منذ عشر سنوات ٠

تأثير البراكين على الجنس البشرى :

فى بعض الأحيان يكون النشاط البركانى مخربا بشكل هائل ، ولكن بوجه عام فان الأضرار الناتجة عن البراكين أقل كثيرا عن تلك الناشئة عن الزلازل أو الأعاصير أو الزوابع ، وقد تحدث الانفجارات البركانية فجأة بدون أى انذارات وقد تسبب خسارة كبيرة فى المنشآت وفقدانا للأرواح ، ويحدث هذا الضرر من سقوط كميات كبيرة من الأتربة والرماد والقنابل البركانية وبتأثير الغازات الخانقة ، ويكون الضرر شديدا بوجه خاص عندما يتجه الانفجار جانبيا بدلا من اتجاهه لأعلى، وعندما تتحرك سحب الغازات الساخنة والغبار بسرعة على سفوح الجبال ، وفى حالة الانفجارات المتوسطة قد يحدث تدمير للأراضى الزراعية لعدة سنوات بسبب ترسيب طبقات سميكة من الأتربة والرماد على مسافات قد تبعد كيلومترات عديدة من مكان البركان ، وبالرغم من أن انسياب اللابة قد يكون بطيئا جدا فى العادة ولا يسبب خسارة فى الأرواح ولكنه يحدث أضرارا للممتلكات عندما يغمر مناطق مسكونة ٠

وللنشاط البركانى تأثيرات مفيدة ، اذ أن تجوية كثير من الصخور البركانية تعطى تربة خصيبة جدا ، فمثل هذه التجوية تعطى مواد معدنية نافعة لنمو النبات وتكون تربة شابة ذات نسيج جيد صالح للزراعة ٠

وخلال الأزمنة الجيولوجية ساعد بخار الماء المتصاعد من البراكين على ملء المحيطات كما أن ثانى اكسيد الكربون الخارج منها قد أعطى امكانية انتشار الغابات وتطورها ، ولولا النباتات لما أمكن ظهور الحياة الحيوانية على الأرض ، وبالتالى فان وجود البشر لم يكن ممكنا لولا هذه الغازات التى خرجت من البراكين ٠

وتستخدم بعض أنواع الصخور البركانية بكثرة كأحجار للبناء ورصف الطرق ، كما يمكن استخدام هذه الصخور بعد طحنها فى تأسيس الطرق والمطارات ، وتصلح بعض أنواع الرماد البركانى للاستخدام فى الأجواء الحارة بسبب صفاتها الممتازة كمواد عازلة ، ويستخدم حجر الخفاف والرماد البركانى كمواد للسنجق (الصنفرة) لأنها تتكون من حبيبات صلدة ذات زوايا حادة ومنبية ، وفى بعض الأحيان قد نجد

الأجيت والأوبال فى فجوات اللابة حيث تترسب هذه المعادن بفعل المياه الحـــارة ٠

ويعود الفضل للبراكين فى وجود بعض المناظر الطبيعية الجميلة فى العالم ، وبوجه عام فان لحركة الصخر المنصهر فعلا بنائيا على سطح الأرض فى بعض الأماكن ، وذلك بتكوين الجبال البركانية وبغمر مساحات كبيرة بمواد اللابة ، وكذلك برفع سطح الأرض عندما يتدخل الصخـر المنصهر من أسفل ، وبذلك فان المنظر العام لسطح الأرض يتغير ، وفى أماكن عديدة يتحسن الشكل العام ٠

بعض الثورات البركانية الشهيرة :

فى عام ١٨٨٣ ثار بركان « كراكـــاتوا » الواقـع فى منطقـــة « صنداستريت » بين جاوه وسومطره بما يمكن اعتباره أضخم انفجار بركانى فى تاريخ البشرية ، فقد قذف هذا الانفجار البركانى الكبير مواد مفتتة لبضعة كيلومترات فى الهواء ، كما انتشر الرماد الساقـــط على مساحة نصف مليون كيلومتر مربع ، وفى خلال ١٥ يوما أحاط الغبار الصاعد من هذا البركان بالكرة الأرضية كلها ، وقد كان النشاط العنيف لبركان كراكاتوا مسئولا عن تولد موجات بحرية كبيرة وصل ارتفـاع بعضها الى ٣٠ مترا وخربت مئات من القرى وتسببت فى غرق حوالى ٣٦ر٠٠٠ شخص ٠

أما بركان « فيزوف » فهو شهير بكثرة انفجاراته وقد أمكن دراسته بالتفصيل ، فقد ثار هذا البركان الواقع على خليج نابولى جنوب ايطاليا ثورة عنيفة عام ٧٩ ق٠م٠ لدرجة أن مدينتين رومانيتين وهما بومبى وهيراكولانيوم قد دفنتا تماما ، كما حدثت ثورة كبرى لفيزوف عـام ١٩٠٦ لدرجة أن الانفجارات قللت من حجم الجبل البركاني عدة مئات من الأمتار ، وقد اخترقت اللابة السفح الشمالى الغربى للمخـــروط البركانى وطفحت لشهور عديدة ٠

وفى شمال كاليفورنيا ثار بركان قمة لاسن عام ١٩١٤ بعد مائتى عام من السكون ، وخلال هذه الثورة انبعثت سحب من البخار والرماد من الفوهة وقد تصاعد عمود من البخار لارتفاع ٣٠٠٠ متر فوق قمة الجبل ، ويعتقد أن هذا النشاط غير المتوقع قد حدث نتيجة زلازل عنيفة فى الاسكا وكاليفورنيا سبقت انفجار البركان عام ١٩١٤ ، ويحيط بالقمة (التى تعرف أيضا باسم جبل لاسن) طفوح من اللابة ، وفى هذه المنطقة يمكننا أيضا رؤية أمثلة ممتازة للصخور البركانية والينابيـــع الحارة

وينابيع الوحل وظواهر أخرى مرتبطة بالبراكين (ينبوع الوحل هو من الينابيع الحارة تتكون من حفرة ضحلة مملوءة بوحل يغلى مع قليل من الماء) .

ويعتبر بركان « باريكوتين » من أحدث وأشهر البراكين ، وقد أمدنا بمعلومات كثيرة عن تولد وتطور وخمود البراكين ، وهذا البركان (الذى يقع على بعد ٣٢٠ كيلو مترا غرب مكسيكو سيتى) قد أظهر أول علامات النشاط فى فبراير ١٩٤٣ ، وقد تميز بانسياب غزير للابة وانفجارات للفتات الحرارى ، وفى نهاية الأسبوع الأول من نشاطه تكونت له فوهة مخروطية قطرها ١٠٠٠ متر ، وعند نهاية العام الأول أصبح ارتفاع قمة البركان حوالى ٤٢٥ مترا ، وقد انقطعت ثوراته فى ١٩٥٢ بعد ٩ سنوات من النشاط ، ويبدو أن بركان باريكوتين قد أصبح خامدا الآن .

أما بركان « جبل سانت هيلين » الكامل النمو والواقع فى سلسلة كاسكادا بولاية واشنطن فقد ثار فجأة فى ١٨ مايو ١٩٨٠ بعد سكون دام ١٢٣ عاما ، فبعد شهرين من النشاط الزلزالى انفجر سانت هيلين بقوة قدرت بما يعادل ٥٠ مليون طن من مادة ت.ن.ت. المتفجرة ، وقد انبعثت منه لجة كبيرة من الغيوم المؤلفة من البخار والرماد والغبار والتى وصلت الى ارتفاع ١٥ الى ١٩ كيلو مترا ، كما تحطم جزء كبير يقدر بحوالى ٤٠ مترا من قمة الجبل وانفجر فى الهواء ، وقد حدث أغلب الضرر من لفحة كبيرة من الغازات البركانية والفتات الحرارى تبعها انسياب ضخم من الوحل وما صحبها من فيضانات دمرت الحياة البرية وعشرات الآلاف من الأفدنة من الغابات ، وقد قتل كثير من الأفراد على بعد كيلومترات عديدة من البركان ، وغطت طبقات خانقة من الرماد البركانى مساحات كبيرة من ولايات واشنطن وأريجون ومونتانا وايداهو ، وقد مات ٣٥ شخصا على الأقل من اللفحة البركانية واعتبر العشرات فى عداد المفقودين ، كما زادت تقديرات الخسائر عن ٢ بليون دولار .

الفصل الخامس

الصخور الرسوبية

كل الصخور المكشوفة عند سطح الأرض قابلة للتأثر بعوامل التحات ، فقد تتعرض لتفاعلات كيمائية أو قد تتفتت بوسائل ميكانيكية كالدحرجة على قاع مجرى مائى مثلا ، وهذا الفتات الصخرى قد تتلقفه وتنقله الرياح والمياه والثلوج ، وعندما يسقط هذا الفتات من عوامل النقل فانه يشار اليه باسم « الرسوبيات Sediment »وفى العادة تتجمع الرسوبيات على شكل « طبقات Strata »،وعندما يتم دمج الرسوبيات والتحام حبيباتها (وهذه العملية تعرف باسم التصخر Lithification) فانها تكون الصخور الرسوبية (شكل ٣٥) ، وهذه الصخور (التى تمثلها الأنواع الشهيرة مثل الحجر الرملى والطفلة الصفحية والحجر الجيرى) تكون ٧٥٪ من الصخور المكشوفة على سطح الأرض .

انواع الصخور الرسوبية

تنقسم الصخور الرسوبية بوجه عام الى فتاتية Clastic وكيميائية Chemical وذلك حسب طبيعة مصدر المواد الصخرية التى كونتها .

الصخور الرسوبية الفتاتية :

تتكون الرسوبيات الفتاتية من شظايا الصخر الناتجة من تحلل أو تفكك الصخور النارية أو الرسوبية أو المتحولة ، وتسمى الصخور التى تكونت من الرسوبيات الناتجة من هذا الفتات الصخرى « بالصخور

الرسوبية الفتاتية » ، ويمكن أيضا أن نشير اليها باسم « الصخور الرسوبية الميكانيكية » نظرا لأنها مكونة من رسوبيات تم نقلها بوسائل ميكانيكية (مثل الرياح والمياه والثلوج) ٠

وتتكون الصخور الرسوبية الفتاتية من حبيبات صخرية مختلفة الحجم ، ويستخدم الاختلاف فى الحجم كاساس لتقسيم هذه الصخور، ويبين جدول (٢) الحدود الحجمية للحبيبات المكونة للصخور الرسوبية الفتاتية كما اتفق عليها معظم الجيولوجيين ٠

وفيما يلى وصف لبعض الأنواع الشائعة من الصخور الرسوبية الفتاتية :

الطفلة الصفحية Shale :

وهى اكثر الصخور الرسوبية انتشارا ، وتتكون من الغرين والطين الذى تصلب على شكل صخر ، وتتميز الطفلة الصفحية (شكل ٣٦) بدقة الحبيبات ، وهى مكونة من صفيحات يمكن ان تنفصل بسهولة عبر مستويات التطبق (وهى مستويات تفصل بين الطبقات المختلفة من الصخور الرسوبية) ، وتسمى الطفلة التى تحتوى على كمية كبيرة نوعا من الرمل باسم « الطفلة الرملية Arenaceous Shale » والطفلة التى تحتوى على كمية كبيرة من الطين باسم « الطفلة الطينية Argillaceous Shale » ، اما « الطفلة الفحمية Carbonaceous Shale » فهى دائما سوداء وهى غنية بالكربون العضوى ، بينما الطفلة التى تحتوى على نسبة عالية من كربونات الكالسيوم تعرف باسم « الطفلة الجيرية » وتستخدم فى صناعة الأسمنت البورتلندى ، و « الطفلة الزيتية » هى صخر رسوبى صفحى لونه بنى أو أسود ويعطى مادة هيدروكربونية سائلة او غازية عند تقطيره ، وهذه الطفلة الزيتية تحتوى على مادة عضوية متحفرة لا تذوب فى الماء (أو معظم المذيبات الأخرى) وتسمى « كيروجين Kerogen » ويمكن تحويله صناعيا الى مواد بترولية ٠

جدول (٢) الصخور ذات الحبيبات الكروية ونصف الكروية ونصف الزاوية (ملحوظة : هذا التقسيم وضعته لجنة الرسوبيات بقسم الجيولوجيا والجغرافيا بالمجلس القومى للبحوث بالولايات المتحدة) ٠

الحجم أو القطر	الفتات	الرسوبيات المتجمعة (أو الصخور)
أكثر من ٢٥٦ ملليمتر	جلمود	جرول جلمودى أى جلاميد غير ملتحمة (رصيص أو كونجلوميرات)
٢٥٦ ـ ٦٤	زلط	جرول زلطى ، (رصيص زلطى)
٦٤ ـ ٤	حصى	جرول حصوى (رصيص حصوى)
٤ ـ ٢	حصى صغير	رمل حصوى
٢ ـ ١/١٦	رمـــل	رمل ، (حجر رملى)
١/١٦ ـ ١/٢٥٦	غريـن	غرين ، (حجر غرينى)
تحت ١/٢٥٦	طيـن	طين ، (طفلة صفحية)

الحجر الرملى Sandstone :

يتكون غالبا من حبيبات رملية ملتحمة ، وللحجر الرملى نسيج حبيبى ، وهو ثانى أنواع الصخور الرسوبية انتشارا ، وبالاضافة للكوارتز فقد يحتوى الحجر الرملى أيضا على حبيبات فى حجم الرمل من معادن الكالسيت أو الجبس أو معادن حديدية مختلفة ، أما الأركوز Arkose فهو نوع خاص من الحجر الرملى يحتوى على حبيبات من الفلسبار الى جانب الكوارتز ويستخدم الحجر الرملى فى البناء وكمادة للسحج (الصنفرة) ٠

الرصيص (أو الكونجلوميرات) Conglomerate :

قد يتكون من حصى مستدير من أحجام مختلفة ، وهو أساسا جرول Gravel مختلط بالرمال وملتصق بمادة اسمنتية (لاصقة) طبيعية ، وقد يتدرج فتات الصخور (الذى يكون الرصيص) فى الحجم من دقائق الغرين حتى الجلاميد الكبيرة ، ويعرف الرصيص المكون من حبيبات ذات زوايا باسم « البريشيا » ، أما الذى يتكون من رسوبيات ثلجية فيعرف باسم الحريث الجليدى أو « التيلليت » ٠

الصخور الرسوبية الكيميائية :

تعرف الرسوبيات التى تتخلف من المادة المذابة فى الماء بالرسوبيات

الكيميائية ، وهى التى تكون « الصخور الرسوبية الكيميائية » ، وبعض الرسوبيات الكيميائية تتكون مباشرة من الماء الذى كانت مذابة فيه ، فمثلا يترسب الملح الصخرى من محلوله عند تبخر ماء البحر ، ومثل هذه الرسوبيات يشار اليها بوجه عام باسم « الرسوبيات الكيميائية غير العضوية » ، أما الرسوبيات الكيميائية التى تكونت عن طريق النباتات والحيوانات أو بمساعدتها فتسمى « رسوبيات عضوية » أو « رسوبيات بيوكيميائية » ومن أمثلة النوع الأخير ما تستخلصه المحارات من مادة كربونات الكالسيوم من ماء البحر وتستخدمه لبناء صدفة جيرية ، وعندما تموت المحارة تبقى صدفتها على قاع البحر وتدخل فى تكوين رسوبيات القاع ·

الصخور الرسوبية الكيميائية غير العضوية :

هى صخور رسوبية تكونت من رسوبيات كيميائية نشأت من عوامل غير عضوية ، مثل :

الحجر الجيرى Limestone :

ويتكون أساسا من معدن واحد هو الكالسيت $CaCO_3$ وتوجد أنواع كثيرة من الحجر الجيرى وقد يتكون بعضها بطرق غير عضوية مثل الترسيب المباشر بينما البعض الآخر له أصل عضوى ، والترافرتين Travertine الذى يكون الصواعدات والهابطات فى الكهوف هو نوع متبلور من الحجر الجيرى ويكون فى العادة ذا بنية شريطية ، وعندما يترسب الكالسيت حول الينابيع والمجارى المائية تتكون الطوفة « Tufa » وهى حجر جيرى غير عضوى يتخذ مظهرا اسفنجيا مساميا ·

الدلوميت Dolomite :

ويعرف أيضا باسم الحجر الجيرى المغنيسى $CaMg(CO_3)_2$ ويتكون عندما يحل المغنسيوم مكان بعض الكالسيوم فى الحجر الجيرى ، ولا نفهم حتى الآن كيفية حدوث هذا الاحلال بالضبط ·

المتبخرات Evaporites :

وهى عبارة عن صخور رسوبية تكونت من معادن ترسبت من ماء البحر ، وهى تشمل الجبس $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ والانهيدريت $CaSO_4$ (كبريتات كالسيوم لا مائى) والهاليت أو الملح الصخرى $NaCl$

وتوجد رواسب متبخرات ضخمة فى غرب تكساس وجنوب شرق نيومكسيكو وميتشيجان واوهيو ونيوريورك ، وبعضهـا ذو قيمـة اقتصـادية كبيـرة (٣٠) .

الصخور الرسوبية البيوكيميائية أو العضوية :

هذه الصخور تتكون من رسوبيات نشأت منبقايا كائنات حية أو افرازاتها ، مثل :

الحجر الجيرى العضوى :

معظم أنواع الحجر الجيرى ذات أصل عضوى ، وهى تحتوى فى اكثر الأحيان على بقايا الكائنات التى نشأت منها هذه الصخـور ، و « الكوكوينـا Coquina » هو نمط من الحجر الجيرى المكون من الأصداف وفتاتها ، أما « الحجر الجيرى الشعابى Reef Limestone » فيتكون من شعاب المرجان وكائنات أخرى تفرز الجير ، و « الطباشير Chalk » هو نوع مسامى ذو نسـيج دقيـق يتكون من الأصـداف الجيرية لكائنات دقيقة مثل المثقبات (أى الفورامينفرا) ، (انظر الفصل العشرين) .

الفحم الحجرى Coal :

ويتكون غالبا من بقايا نباتية متفحمة ، وهو وقود ذو أهمية فى الصناعة ، ويوجد على شكل طبقات مصاحبا للصخـور الرسوبية الأخرى ، وخلال تكوينه يمر بمراحل عديدة ، أولها الخشب الفحمى أو « البيت Peat » الذى يتكون من مواد نباتية تفحمت جزئيا ، والمرحلة الثانية هى « الليجنيت Lignite » أو الفحم البنى ، ومع مزيد من التغيرات يتحـول الليجنيت الى فحـم بيتـومينى (أو الفحم اللين) ، وقـد يعانى الأخير من عمليـات التحـول ليصبح انثراسيت أو الفحـم الصـلب .

ومن الصخور الرسوبية العضوية الأخرى نجد « الراديولاريت Radiolarite » الذى يتكون معظمه من الهياكل الخارجية لكائنات دقيقـة وحيـدة الخليـة تسـمى الراديولاريا وكـذلك الطينـة الدياتـومية Diatomaceous Earth » التى تتكون أساسا من بقايا سليسية لنباتات دقيقة هى الدياتومات .

---

(٣٠) يوجد الجبس والملح الصخرى فى معظم البلدان العربية ، والفوسفات فى مصر وليبيا والسودان ، والشبة فى مصر والجزائر والفوسفات فى الجزائر ـ (المعرب) .

الخواص الفيزيائية للصخور الرسوبية :

للصخور الرسوبية صفات فيزيائية محددة ، وتظهر فيها ملامح خاصة تجعلها سهلة التمييز بالنسبة للصخور النارية والمتحولة ، وبعض الخواص المهمة هى كالتالى :

التطبق Stratification, Bedding :

من المحتمل أن تكون اهم خاصية فى ملامح الصخور الرسوبية هى ميلها للتواجد على شكل طبقات (شكل ٣٧) ، وكل طبقة تنفصل عن غيرها عبر « مستوى التطبق Bedding Plane » الذى يحدد السطح العلوى لأية طبقة ، كما يحدد السطح السفلى للطبقة التى تعلوها مباشرة ، وهذه الطبقات تتكون عندما ترسب العوامل الجيولوجية (مثل الرياح أو المياه أو الثلوج) حمولتها من الرسوبيات تدريجيا ، وأى تغير فى عوامل حمل الرسوبيات (مثل تناقص سرعة جريان الماء أو الرياح) سوف يؤثر على نسيج الرسوبيات وسمك طبقاتها .

النسيج Texture :

ويتحدد بحجم وشكل وترتيب المواد التى تكون الصخر الرسوبى ، فالرصيص (الكونجلوميرات) يتخذ نسيجا خشنا والحجر الرملى الدقيق يتخذ نسيجا دقيقا ، كما تصنف الرمال كدقيقة أو خشنة التحبب .. الخ ، وعموما يسمى النسيج فتاتيا اذا ما تكون من حطام الصخور وشظايا المعادن ، أو « لافتاتى » اذا ماكان على قدر من التبلور أو التحبب .

علامات النيم Ripple Marks :

تنمو التموجات الضعيفة (أو نيم الرمال) بشكل شائع على سطح الرمال الشاطئية أو الكثبان الرملية أو قاع المجارى المائية ، وقد وجدت ايضا علامات نيم مشابهة محفوظة فى بعض الصخور الرسوبية (شكل ٣٨) ، ويمكن أن تمد هذه العلامات الجيولوجى ببعض المعلومات عن ظروف الترسيب عند لحظة تكون الرسوبيات .

التشققات الطينية Mud Cracks :

نشاهد ايضا شقوقا طينية تكونت فى قاع البحيرات والبرك والمجارى المائية بعد جفافها ، وهذه الأشكال متعددة الأضلاع تعطى مظهرا يشبه خلايا النحل على سطح الطبقة (شكل ٣٩) ، ووجود مثل هذه الشقوق محفوظة فى الصخور الرسوبية يوحى بأن الصخر قد تعرض لفترات متبادلة من الفيضان والجفاف .

الدرنات الصخرية Concretions :

بعض أنواع الطفلة الصفحية والحجر الجيرى والحجر الرملى تحتوى على أجسام صخرية كروية أو مبططة وهى أصلب من الصخر الذى يحيط بها ، وهذه الأجسام تسمى درنات (شكل ٤٠) وتتكون عادة حول حفرية أو أية نواة أخرى، وتوجد أحجام مختلفة من الدرنات من قطر ٢ سم الى عدة أمتار ، ولأن الدرنات أصلب من الصخر الذى حولها فانها تبقى وحدها عندما يتآكل الصخر من حولها (بعوامل التحات) ٠

الجيودات Geodes (أو الدرنات المجوفة) :

هى صخور درنية كروية مجوفة أو مبطنة من الداخل ببلورات (شكل ٤١) ، وتوجد هذه الجيودات على الأرجح فى الحجر الجيرى كما قد توجد أيضا فى بعض تكوينات الطفلة الصفحية ، وسوف نناقش تكوين الجيودات فى الفصل العاشر ٠

اللون :

بعض المناطق مثل « بينتد ديزرت » و « جراند كانيون » فى أريزونا تجذب الانتباه بسبب الالوان البراقة لتكوينات صخورها الرسوبية (٣١) ، ويعتمد لون هذه الصخور أساسا على تركيبها الكيميائى ، ويتخذ الهيماتيت (وهو من أكثر المواد الملونة انتشارا فى الصخور الرسوبية) لونا أحمر، وقد يعطى الليمونيت لونا أصفر للصخور، ولأكاسيد المنجنيز درجات مختلفة من اللون القرمزى ، أما الصخور ذات المحتوى الكبير من المواد العضوية (مثل الطفلة الفحمية) فانها تتخذ لونا أسود ، كما تؤثر التجوية على لون الصخر ، فقد يكون الصخر المحتوى على مواد حديدية داكن اللون بالنسبة لسطحه الطازج ، ومع ذلك فقد تعطيه الأكسدة (بفعل التجوية الكيميائية) لونا أصفر الى بنى على السطح المجوى ٠

الحفريات Fossils :

وهى بقايا أو دلائل وجود النباتات والحيوانات القديمة والمحفوظة فى قشرة الأرض ، وتمثل الحفريات فى العادة الأجزاء الصلبة القابلة

---

(٣١) توجد مثل هذه التكوينات فى مصر بمنطقة « عجيبة » على ساحل البحر المتوسط غرب مرسى مطروح – (المعرب) ٠

للحفظ من الكائنات القديمة التى عاشت فى وقت ما فى نفس المنطقة التى وجدنا فيها البقايا (شكل ٤٢) ، ومعظم الحفريات موجودة فى الصخور الرسوبية ، فهى نادرا ما توجد فى الصخور النارية أو المتحولة ، اذ أن الصخور المنصهرة لا يمكن أن تحتوى على كائنات حية داخلها ، أما الصخور المتحولة فقد تغيرت بشدة أو تشوهت لدرجة أن أية حفرية كان من المحتمل وجودها فى الصخر الأصلى فانه من المؤكد انها قد تلاشت بعد التحول ، وحتى فى الصخور الرسوبية فان نسبة صغيرة من النباتات والحيوانات التى عاشت فى الأزمنة القديمة هى التى تركت دليلا على وجودها ٠

السحنات الرسوبية :

يصف مصطلح « السحنة Facies » (عند استخدامه فى الصخور الرسوبية) تجميع رسوبيات لها صفات مميزة وتتدرج جانبيا الى رسوبيات أخرى تتخذ صفات مختلفة تماما رغم تكونها فى نفس الوقت (شكل ٤٣) ، ويحدث « التغير السحنى » عندما نجد تغيرا جانبيا أو رأسيا فى نوع الصخر أو المستوى الحفرى فى صخور رسوبية تنتمى لنفس العصر ، ومثل هذا التغير قد ينتج عن اختلاف فى بيئة الترسيب ، كما أنه يؤخذ أيضا على أنه دليل على حدوث الاختلاف (شكل ٤٤) ٠

الفصل السادس

ظاهرة التحول والصخور المتحولة

الصخور المتحولة Metamorphic Rocks هى صخور كانت فى الأصل نارية أو رسوبية ثم دفنت فى أعماق الأرض وتعرضت لدرجات عالية من الحرارة والضغط ، وهذه الظروف الفيزيائية تؤدى الى احداث تغيرات كبيرة فى الصخر الصلب (الذى يشمل أيضا الصخر القابل للتشكل)، وهذه التغيرات تدخل تحت مصطلح «التحول Metamorphism » (فى اليونانية « ميتا » تعنى تغيرا « ومورف » تعنى شكلا ، اى أن « ميتامورفيزم » تعنى تغير الشكل) ٠

وخلال عملية التحول تحدث للصخر الأصلى تغيرات فيزيائية وكيميائية قد تؤدى الى تعديل نسيجه وتركيبه المعدنى والكيميائى ، وهكذا يصبح الحجر الجيرى بعد التحول رخاما كما يتحول الحجر الرملى الى كوارتزيت ٠

عوامل التحول :

يخضع التحول بدرجة كبيرة للصفات الكيميائية والفيزيائية للصخر الأصلى ولعامل التحول ودرجته :

الحرارة :

بالرغم من أن الحرارة وحدها قد تكون أهم عامل فى التحول الا انه كثيرا ما يصاحبهاتغير فى الضغط مع وجود محاليل كيميائية نشطة ، ويبدو أن التحول يحدث خلال مدى حرارى يبدأ من ١٠٠ حتى ٨٠٠ درجة مئوية ٠

الضغط :

تغيرات التحول التى يصاحبها ضغط تنتج أساسا من وزن الصخور التى تعلو الصخر المتحول ، ويؤدى ارتفاع الضغط الحابس الى تقليل الفراغ الذى كانت تشغله المعادن المكونة للصخر الأم ، ويسبب اعادة التبلور كما قد يؤدى الى تكوين معادن جديدة ، وقد تؤدى الضغوط المتباينة الى انسياب الصخر مما يسبب تغيرا فى النسيج وقد يؤدى الى تورق الصخر .

المحاليل الكيميائية النشطة :

قد تتفاعل المحاليل المائية الحارة (التى تصاحب الصهارة) مع الصخور المحيطة فتغيرها كيميائيا ، وهذا قد يسبب الاحلال بالابدال Metasomatism ، وهو تغيير تحولى يؤدى الى ادخال عناصر جديدة من مصدر خارجى .

انماط التحول :

بالرغم من أن التقسيمات التفصيلية تبين أنواعا كثيرة من التحول ، الا أننا سنناقش التحول التماسى والنطاقى فقط .

التحول بالتماس Contact Metamorphism :

عندما يعانى الصخر من تدخل جسم نارى فان هذا الصخر يتعرض لتغير شامل ، وهكذا فقد يتغير الحجر الجيرى الذى تدخلت فيه صهارة ساخنة ، وقد يمتد نطاق التماس من بضعة سنتيمترات الى عدة كيلومترات بعيدا عن سطح التماس بين الصخر النارى والصخر الرسوبى ، وقد تتكون بعض الصخور المتحولة البسيطة فى « نطاق التحميص Baked Zone » للصخور المجاورة (شكل ٤٥) .

وقد تنتج تغيرات فيزيائية بفعل التحول بالتماس عندما تتخلل سوائل الصهارة بين الحبيبات المعدنية للصخر المجاور مما يؤدى الى اعادة تبلوره ، وهذا التغيير الذى يسبب تكوين بلورات معدنية جديدة أو بلورات كبيرة سوف يؤدى الى تغيير نسيج الصخر الأصلى بدرجة كبيرة ، كما أن سوائل الصهارة سوف تعمل على ادخال عناصر ومركبات كيميائية جديدة تعمل بدورها على تعديل التركيب الكيميائى للصخر الأصلى وذلك بتكوين معادن جديدة .

التحول النطاقى Rgional Metamorphism :

يحدث هذا التحول عبر مناطق شاسعة وذلك عندما تعانى طبقات الصخور من تشوه تركيبى قوى خلال تكوين السلاسل الجبلية ، اذ تؤدى الضغوط الكبيرة الناتجة من انثناء الطبقات الصخرية وتكسرها وانهيارها الى حدوث تغيرات تحولية شاسعة ومعقدة ، وبسبب هـذه الضغوط قد يحدث تمزق أو طحن للمعـادن ومحو أية دلائل على وجود سابق لحفريات أو لتطبق ، واعادة تشكيل حبيبات المعادن وزيادة صلابة الصخر ٠

نسيج الصخور المتحولة :

اثناء التحول تحدث اعادة لترتيب بلورات المعادن ، وبذلك ينتج نوعان من النسيج الصخرى : النسيج المورق والنسيج غير المورق ٠

الصخور المتحـولة المورقة (Foliated) :

وهى صخور متحولة تفلطحت فيها المعادن ثم سحبت ورتبت فى طبقات أو شرائط متوازية (شكل ٤٦) ، وهناك أربعة أنواع أساسية من التورق : الاردوازى والفلليتى والشيستى والنيس ، وسوف نناقش فيما يلى كل نوع مما سبق وبعض الصخور الشائعة التى تظهره ٠

الإردواز Slate :

هو طفلة صفحية تعرضت للتحول ، ويتميز الاردواز بنسيج دقيق جدا لا نرى فيه أية بلورات معدنية بالعين المجردة ، ولا يظهر فيه تركيب شرائطي ، وينفصل بسهولة الى ألواح رقيقة ناعمة ، وله الوان عديدة اكثرها الرمادى والأسـود والأخضر والأحمـر ، وتميزه بالتشـقق الاردوازى (الذى لا يجب أن نخلطه مع تشقق المعادن) يجعله ذا فائدة خاصة فى بناء أسقف المنازل وصناعة السبورات وعمل الأرصفة ٠

الفيلليت Phyllite :

وهو مشتق من الكلمة الافريقية « فيللون » التى تعنى ورقـة نباتية ، والفيلليت ذو حبيبات أدق من حبيبات الشيست لكنها اكبر من حبيبات الاردواز ، ويعطى بريقا حريريا مميزا على الأسطح المكسورة حديثا بسبب وجود حبيبات دقيقة من الميكا ، ومعظم انواع الفيلليت تكونت من طفلة صفحية تعرضت لضغط اكبر من ذلك الضغط الذى كون الاردواز ، ولكن هذا الضغط لم تكن شدته كافية لتكوين الشيست ٠

الشيست Schist :

هو صخر متحول مورق ذو حبيبات متوسطة الى خشنة وقد تكون عند ضغط اكبر من ذلك الذى يكون الاردواز ، ويتكون أساسا من معادن ميكائية فى ترتيب متواز تقريبا يعرف باسم « النسيج الشيستى Schistosity » (شكل ٤٦) ، وفى العادة تنفصل صخور الشيست بسهولة خلال مستويات الترقق أو التورق الشيستى التى قد تكون منحنية أو مجعدة ، والشيست مشتق عادة من الاردواز كما قد يتكون ايضا من تحول صخور نارية دقيقة الحبيبات ، وتسمى صخور الشيست حسب المعدن السائد مثل الشيست الميكائى والشيست الكلوريتى ... الخ .

النيس Gneiss :

هو صخر مقلم كبير الحبيبات عانى من تحول شديد ، ويتصف هذا الصخر بوجود أشرطة متبادلة من معادن داكنة مثل الكلوريت أو ميكا البيوتيت أو الجرافيت (شكل ٤٧) ، وكثيرا ما تكون هذه الأشرطة منثنية أو مجعدة ، ورغم أن بعض أنواع النيس تشبه الشيست الا أنها لا تنفصل خلال مستويات الأشرطة بنفس سهولة الشيست ، وقد تدل الأشرطة على وجود تطبق فى الصخر الرسوبى الأصلى ، أو قد يكون سببه تحول صخور نارية خشنة الحبيبات كانت تحتوى على معادن فاتحة وداكنة .

وبوجه عام فان صخور النيس قد عانت من التحول بدرجة اكبر مما عانت منه صخور الشيست ،وقد تكونت نتيجة لتحول نطاقى شديد.

الصخور المتحولة غير المورقة :

هى صخور متحولة لها شكل كتلى أو نسيج حبيبى ولا تظهر اى تورق ، وبالرغم من أن بعض الصخور غير المورقة تشبه أنواعا معينة من الصخور النارية لكنها تختلف عنها فى التركيب المعدنى .

الكوارتزيت Quartzite :

يتكون من حجر رملى كوارتزى متحول ، ويعتبر من اكثر الصخور مقاومة للتجوية ، ويتكون من كتلة متبلورة من حبيبات رملية ملتصقة باحكام ، واذا تكون الكوارتزيت من رمل كوارتزى نقى فانه يكون ابيض

اللون ، ووجود الشوائب يصبغ الصخر باللون الأحمر أو الأصفر أو البنى ٠

الرخـــام Marble :

هو صخر جيرى متبلور حبيباته خشنة نسبيا ، وينتج من تحـول الحجر الجيرى أو الدولوميت ، ويتكون باعادة التبلور وهذا يؤدى الى محو دلائل وجود الحفريات أو التطبق خلال عملية التحول ، والرخام النقى أبيض لكن وجود الشوائب يعطيه مدى واسعا من الألوان ٠

الانثراسيت Anthracite :

عندما يحدث دمج قوى للفحم البيتومينى أو اللين ومـــع تأثير الانثناءات والحرارة فانه يتحول الى الأنثراسيت أو الفحم الحجـرى المدمج (٣٢) ، ولأنه قد عانى من درجـة عالية من التفحم فانه يحتوى على نسبة كبيرة من الكربون الثابت وذلك بعد طرد معظم المواد المتطايرة ٠

الجرنتة :

بالرغم من أن الأصل الصهارى للجرانيت قد ظل مقبولا منذ نهاية القرن الثامن عشر فان بعض الجيولوجيين لا يعتقدون ان الجرانيت ذو أصل نارى ، وهم يفترضون أنه صخر متحول نشأ من خلال عملية « الجرنتة Granitization » ، ومن غير المفهوم تماما تفاصيل هذه العملية وحدودها لكن بعض العلماء يعتقدون بحدوث اعـــادة ترتيب للتراكيب البلورية وهى فى الحالة الصلبة (أو الصلبة جزئيا) ، كما يستخدم علماء آخرون مصطلح الجرنتة للتعبير عن تكون صخر جرانيتى من صخر رسوبى دون الأخذ فى الاعتبار)دوث الانصهار من عدمه ٠

---

(٣٢) يعتبر الانثراسيت صخرا رسوبيا فى كثير من المراجع ـ (المعرب) ٠

جدول (٣) بعض الصخور النارية والرسوبية الشائعة وما يعادلها من الصخور المتحولة

الصخر الأصلى	الصخر المتحول
صخور رسوبية :	
حجر رملى	كوارتزيت
طفلة صفحية	اردواز ، فيلليت ، شيست
حجر جيرى	رخـــــام
فحم بيتومينى	فحم انثراسيت ، جرافيت
صخور نارية :	
صخور نارية ذات نسيج مدمج	نيس
صخور نارية ذات نسيج جرانيتى	شيست

الفصل السابع

تشوه صخور القشرة

عانت صخور القشرة الأرضية من تغير تركيبى كبير خلال الزمن الجيولوجى ، وهذه الصخور مازالت تتغير حتى اليوم بواسطة ثلاثة عوامل جيولوجية : التحات والظاهرة البركانية والظاهرة التكتونية ، ومن بين هذه الظواهر الثلاث فان « الظاهرة التكتونية Tectonism » (كلمة « تكتون » بالاغريقية تعنى بناء) هى اهم سبب لتشوه الصخور ٠

الظاهرة التكتونية :

تحدث الحركات التكتونية فى العادة بدرجة بطيئة وغير محسوسة وذلك خلال فترات زمنية طويلة ، ولكن بعضها (مثل الزلازل) تحدث فجاة وبعنف ، وقد تتحرك الصخور راسيا فى بعض الأحيان فتسبب رفع سطح الأرض او هبوطه ، كما قد تتحرك ايضا افقيا او جانبيا كنتيجة لضغط او شد ، وسوف نناقش فيما يلى النوعين الرئيسين للحركات التكتونية وهما الحركة الابيروجينية Epeirogeny » اى البانية للقارات (وهى حركة تتجه الى اعلى) والحركة « الأوروجينية Orogeny » اى البانية للجبال (وهى حركة جانبية فى اغلبها) ٠

الحركات البانية للقارات :

وهى حركات بطيئة نسبيا يصاحبها رفع كبير (او هبوط) للقارات ، ومثل هذه الحركات تؤثر على مساحات شاسعة نسبيا وتؤدى فى العادة الى إمالة او تقوس سطح الأرض ، وقد يسبب الرسم من هذا النوع ارتفاعا للمضاطب التى صنعتها الأمواج والجروف البحرية الى ما فوق مستوى

سطح البحر ، وتكثر هذه الملامح فى أجزاء معينة من شواطىء المحيط الهادى ، وبطريقة مشابهة فان أجزاء من ساحل شبه جزيرة اسكندنافيا ترتفع حوالى ٩٠ سم كل قرن من الزمان ، وقد يحدث أيضا هبوط للقارات ، فبعض مناطق من القارات تهبط ببطء تحت مستوى المحيط وتصبح مغمورة تحت بحار ضحلة ، ومثل هذه الحركات قد كانت السبب فى انفصال الجزر البريطانية عن قارة أوربا وتكوين خلجان فى الوديان الغارقة على طول ساحل نيو انجلند (٢٣) (وقد يحدث الغمر أيضا بسبب تزايد ارتفاع مستوى البحر) .

وفى العادة لا يحدث للطبقات الأرضية التى تتأثر بالحركات الابيروجينية اية طيات أو صدوع (أى كسور) ، وكما ذكرنا سابقا فان هذه الطبقات قد تتعرض لميل أو تقوس على مستوى شاسع .

الحركات البانية للجبال :

أى « الحركات الأوروجينية » وهى أكثر شدة من الحركات البانية للقارات ، وقد تتعرض الصخور المتأثرة بها الى اجهاد كبير ، وهذه الحركات تؤثر على مناطق طويلة وضيقة وتصحبها طيات وصدوع كثيرة ، ومن المعتقد أنها تنتج من ضغط افقى ، وينتشر النشاط الصهارى والزلازل مع هذا النوع من تشويه القشرة ، ومع أن حركات بناء الجبال بطيئة فى طبيعتها لكنها تحدث بسرعة أكبر نسبيا من الحركات الابيروجينية .

كيفية تشوه الصخور :

كيف يمكن للصخور التى تبدو قوية وصلبة أن تتجعد وتنكسر ؟ نبدأ بتحديد القوة أو الضغط الذى يسبب تحرك الصخور والذى يعرف باسم « الاجهاد Stress » ، وهذا الاجهاد يكون على شكل « شد Tension » أى اجهاد بالتمدد ويؤدى الى زيادة فى الحجم ، أو يكون على شكل تضاغط Compression » وهو اجهاد بالكبس يؤدى الى تقليل الحجم ، أو على شكل « جز Shear » ، فيحدث تغيرا فى الشكل دون أى تغير فى الحجم ، وعندما تتعرض الصخور للاجهاد فانها تعانى من التشويه اذ يحدث لها تغير فى الشكل أو فى الحجم أو كليهما ، وهذه الاستجابة للاجهاد تعرف باسم « الانفعال Strain » .

---

(٢٣) نيوانجلند هى الجزء الشمالى الشرقى من الولايات المتحدة ويشمل ست ولايات (المعرب) .

التشوه المرن Elastic Deformation :

المواد الصلبة المرنة هى التى تعود الى حالتها الأصلية عند زوال الاجهاد الذى اثر عليها وغير شكلها أو حجمها اثناء حدوثه ، ويمكن تشبيهها بمرونة حزام من المطاط الذى يمكننا تمديده ولكن اذا تركناه فانه يعود الى شكله الأصلى ٠

التشوه التشكيلى أو البلاستيكى Plastic Deformation ،

فى هذا النوع من التشوه تعانى المادة الصلبة من تغير مستمر فى الشكل ، ويصبح هذا التغير دائما لأن المادة لا تعود مرة أخرى الى شكلها الأصلى ، وهذا يشبه تشكيل قطعة من الصلصال (شكل ٤٨) ٠

التمزق أو الكسر Rupture :

فى هذا النوع من التشوه تصل الصخور الى « نقطة الكسر » عندما يتعدى الاجهاد الحادث حدود قوة احتمال الصخر ، ويعتقد أن ازاحة الصخر بسبب الكسور هى السبب المباشر لحدوث معظم الزلازل ٠

نظرية التوازن Isostacy :

ناقشنا فى الفصل الثانى انقسام قشرة الأرض والجزء العلوى من الوشاح الى ألواح ليثوسفيرية صلبة تتكون من كل من قشرة القارات وقشرة المحيطات ، وتطفو صفائح الليثوسفير القوية الصلبة على الاستينوسفير الضعيف (شكل ٧) الذى ينساب بطريقة تشكيلية (أى بلاستيكية) فى كل من المستويين الرأسى والأفقى ، وكلما تحركت الألواح فوق الاستينوسفير فان الانسياب الجانبى لهذا الاستينوسفير يحافظ على التوازن بين ثقل صفيحات الليثوسفير ، وهذا التوازن « الايزوستاتيكى » (٣٤) يمكن شرحه عن طريق « نظرية التوازن » ٠

وتنص النظرية على انه عند عمق كبير داخل الكرة الأرضية يحدث توازن لأجزاء القشرة المختلفة بالرغم من اختلاف سمكها ، ويعزى اختلاف ارتفاع أجزاء القشرة الى اختلاف كثافة كل منها بالنسبة للآخر ، وبالتالى فان القارات والمناطق الجبلية ذات ارتفاع كبير نسبيا لأنها تتكون من صخور ذات كثافة منخفضة ، بينما تنخفض قيعان المحيطات لأنها تتكون من صخور أكبر كثافة (شكل ٤٩) ، وكلما حدث تحات فى صخور

---

(٣٤) التوازن الايزوستاتيكى هو التوازن الناتج عن تساوى الضغوط الذى يرجع الى تساوى أوزان الكتل الطافية ـ (المعرب) ٠

القارات وترسب الفتات فى المحيط ، فان قاع المحيط يهبط لأسفل بسبب ثقل الرسوبيات الفتاتية المتجمعة عليه ، وهذا يسبب ازاحة الصخور التشكيلية تحت القشرة فتدفع القارات الى أعلى ، وهكذا فان تحرك القارات لأعلى يعود الى عوامل النحت التى تزيل مزيدا من صخور القشرة القارية مما يجعل الأخيرة أكثر خفة وتصبح معرضة لمزيد من الارتفاع ٠

وهنا يبرز سؤال : كيف تطفو أجزاء القشرة ؟ هناك تفسيران مختلفان افترضهما عالمان انجليزيان فى منتصف القرن التاسع عشر ، وطبقا للتفسير الأول الذى قدمه الفلكى ج٠ب٠ ايرى فان أجزاء القشرة يمكن مقارنتها بجبلين من الثلج طافيين فى البحر ، وكلاهما له نفس الكثافة ولكنهما يطفوان فى ماء البحر الذى تزيد كثافته عن كثافة الثلج ، فان وصل ارتفاع أحد الجبلين الثلجيين الى ثلاثة أضعاف ارتفاع الجبل الثانى فان الجزء المغمور من الجبل المرتفع يصل عمقه الى ثلاثة أضعاف الجزء المغمور من الجبل الثانى ، ومعنى هذا أن « جذر » الجبل الثلجى يمكنه أن يحافظ على توازنه الاستاتيكى ، وبنفس المنطق فان السلاسل الجبلية (التى تتكون من صخور ذات كثافة منخفضة نسبيا) تطفو بشكل أكثر ارتفاعا فوق الاستينوسفير من الشرائح التى تكون قشرة المحيط الأعلى كثافة ، وبالاضافة الى ذلك فان القشرة القارية التى تكون الجبال تمتد فى الاستينوسفير مكونة جذورا مثل جذور جبال الثلج (شكل ٤٩) ٠

أما التفسير الآخر الذى وضعه الجغرافى ج٠ه٠ برات فيفترض أن الطبقة السفلية التى تطفو عليها القشرة لها نفس الكثافة ، ولكن الشرائح المختلفة من قشرة الأرض لها كثافات مختلفة ، وافترض أن الشرائح الجبلية لها كثافة أقل من الشرائح التى تكون قاع المحيط ، وهكذا فان القشرة تمتد بنفس المستوى فى الطبقة السفلية ولكن لا توجد الجذور التى افترضها ايرى (شكل ٥٠) ٠

وباستخدام المعلومات التى تعتمد على الأبحاث الحديثة على القوالزن الايزوستاتيكى فانه يبدو لنا الآن أنه يمكن استخدام كل من فرضى برات وايرى على الأجزاء المختلفة من القشرة ٠

الملامح التركيبية الناتجة من الظاهرة التكتونية :

تؤدى الحركات التكتونية (سواء أكانت بانية للجبال أو بانية للقارات) الى تشوه الصخور ، وفى الظروف القريبة من سطح الأرض

قد تكون الصخور العادية هشة نسبيا ، وقد تتشـــقق أو تنكسر اذا ما تعرضت لاجهاد كبير ، أما الصخور المدفونة على أعماق سحيقة فانها تصبح قابلة للتشكل اذا ما تعرضت لحرارة عالية وضغط مرتفع ، فاذا ما أصابها اجهاد مستمر فانها قد تنثنى أو تتقوس ٠

التقوس العريض Broad Warp :

كما ذكرنا سابقا فان التقوس ينتج فى العادة بسبب رفع أو خفض مناطق شاسعة من قشرة الأرض ، وفى هذه المناطق تبدو طبقات الصخور افقية ، ولكن الدراسة المتعمقة تدل على أن الطبقات تميل بلطف ، ودائما ما تكون حركات التقوس راجعة لعوامل بناء القارات وقد يصاحبهـــا انثناء أو كسر فى بعض الأحيان ٠

الطيات Folds :

كما تتعرض الصخور للميل والتقوس فانها تتعرض أيضا للانثناء (أو الطى) (شكل ٥١) ، وتتنوع الطيات فى الحجم ودرجة التعقد ، وتحدث الطيـات عنـدما تتعرض الصخور للتجعـد فتعطى تتابعـا من التراكيب التى تشبه أمواج البحر ، ويحدث هذا النمط من التراكيب فى العادة من قوى ضغط جانبية كبيرة وتنتج عنه أنواع مختلفـــة من الطيات ٠

فاذا ما حدث انثناء الى أعلى فى طبقات الصخور تكونت الطيات المحـدبة « Anticlines » (شكل ٥١ ــ أ) ، أما « الطيات المقعرة Synclines » (شكل ٥١ ــ ب) فقد تنشأ عندما تنثنى طبقـات الصخور الى أسفل ، أما مجموعة الثنيات التى تظهر تقوسا واسعا الى أعلى وتغطى مساحة كبيرة فتعـرف باسم « الطية المحـدبة الهائلة » أو « الحنيـرة العظمى Geanticline » ، أما الحـــوض الضخم المكون من تجعـدات ويظهـر تقوسا الى أسفل فيعـرف باسم « القعيرة العظمى » أو « الجيوسينكلين Geosyncline » ، وقـد حـدث أن تراكمت رسـوبيات ذات سمك كبيـر فى بعض القعيرات على طول التاريخ الجيولوجى ، كما حدث لبعضـها عملية رفع فكون سلاسل جبلية كثيرة الثنيات ، وعلى سبيل المثال فقد تلقت «قعيرة الابالاش » رسوبيات كثيرة خلال جزء كبير من الحقب القديم المبكر ، ومنذ ٢٢٥ مليون عام حدث رفع لهذه الرسوبيات (التى أصبحت صخورا رسوبية فى ذلك الوقت) لتكون « مرتفعـات الأبالاش » والتى تكون جبال الأبالاش الحالية (فى غرب أمريكا الشمالية) جـزءا كبيرا منها ٠

وفي دراستنا للطيات ينبغي أن نتمكن من تحديد اتجاه « Attitude » طبقات الصخر ، و « الاتجاه » هو مصطلح يستخدم ليبين وضع الصخر بالنسبة لاتجاهات البوصلة والمستوى الأفقي ، وهذا ما يعرف باسم « المضرب Strike » و « الميل Dip » (شكل ٥٢) ، ومضرب الطبقة هو اتجاه الخط المتكون من تقاطع مستوى التطبق مع المستوى الأفقي ، أما الميل فهو الزاوية المحصورة بين مستوى التطبق والمستوى الأفقي ، ودائما ما يكون اتجاه الميل عموديا على المضرب ، فالطبقة الصخرية التي تميل في اتجاه الشمال يكون مضربها ممتدا من الشرق الى الغرب .

وهناك أنواع أخرى من الطيات تشمل « الطية وحيدة الميل Monocline » وتشبه درجة السلم وتميل في اتجاه واحد فقط (شكل ٥٣) ، و « القبة Dome » وهي طية تميل فيها الطبقات في اتجاه بعيد عن نقطة مشتركة ، بينما « الحوض Basin » هو طية تميل فيها الطبقات في اتجاه نقطة مشتركة .

الكسور Fractures :

تتعرض الصخور التي تعاني من ضغط كبير قرب السطح من تكوين الكسور التي تشمل الفواصل والصدوع ، ويعرف الكسر الذي تحدث خلاله حركة صغيرة أو لا تحدث حركة على الاطلاق باسم « الفاصل Joint (شكل ٥٤) ، وتحدث الفواصل في مجموعات وتكون في العادة متوازية ، وتتكون فواصل على هذا النحو في الصخور النارية نتيجة لانكماشها بسبب التبرد ، وتنتشر في أنواع معينة من الجدد القاطعة والموازية ، وتحدث الفواصل أيضا بسبب قوى الشد والتضاغط عندما تعاني الصخور من قوى ضاغطة بسبب التقوس وتكوين الطيات والصدوع .

وتتكون أنظمة الفواصل عندما تتقاطع مجموعتان من الفواصل ، وهذه النماذج من الفواصل لها أهمية كبيرة ، اذ انها تساعد في عمليات التحجير ، كما أنها توجد نوعا من المسامية في الصخور ذات الطبيعة غير المنفذة ، كما تعجل الفواصل بعمليات التجوية والتحات لأنها تجعل الصخور أكثر عرضة لتأثير المطر والصقيع والمياه الجارية .

الصدوع Faults :

هي كسور في القشرة الأرضية حدثت خلالها حركة نسبية (شكل

٥٥) ، اذ تحدث ازاحة للصخور المتأثرة بالصدع عبر « مستوى الصدع Fault Plane » . فاذا كانت الازاحة رأسية فان الصخور تصبح اكثر ارتفاعا فى أحد جانبى الصدع من مثيلاتها فى الجانب الآخر ، وقد يؤدى هذا الى تكوين جرف يسمى « منحدر صدعى Fault Scarp » كما قد تنتج الأحجام الكبيرة من هذا النوع « جبال الكتل الصدعية » مثل جبال سيرانيفادا فى كاليفورنيا و « سلسلة جبال لويس » فى مونتانا .

ومن الضرورى أن تكون لدينا معرفة مسبقة ببعض المصطلحات المتعلقة بالصدوع ، وذلك لكى نتفهم النوعيات المختلفة منها (أجزاء الصدع موضحة فى شكل ٥٥) ، وتعرف الكتلة الصخرية التى تقع فى الناحية السفلية من المستوى المائل للصدع باسم « الحائط الأساسى Foot Wall » والتى فى الناحية العلوية باسم « الحائط المعلق Hanging Wall » ومضرب الصدع هو الاتجاه الأفقى لمستوى الصدع (٣٥) ، ويحدد « ميل الصدع » بقياس ميل مستوى الصدع فى اتجاه عمودى على مضرب الصدع ، وتشير « الازاحة Displacement » الى مقدار الحركة التى حدثت عبر مستوى الصدع (٣٦) . ويتم تقسيم أنماط الصدوع اعتمادا على الاتجاه والحركة النسبية للصخور على جانبى مستوى الصدع ، والصدع العادى أو « صدع الجاذبية Normal or Gravity Fault » هو الصدع الذى تحرك فيه الحائط المعلق الى أسفل بالنسبة للحائط الأساسى (شكل ٥٦) ، أما اذا تحرك الحائط المعلق الى أعلى بالنسبة للحائط الأساسى فان الناتج هو « الصدع المعكوس أو صدع الدسر Reverse or Thrust Fault » (شكل ٥٧) ، كما ينتج « صدع الانزلاق المضربى Strike-Slip Fault » اذا كانت حركة الصخر أفقية وموازية لمستوى الصدع (شكل ٥٨) .

وقد يحدث فى بعض المناطق أن تسقط كتلة طويلة ضيقة بين صدعين عاديين فينتج « الأخدود أو الخندق Graben » (شكل ٥٩) ، والأخاديد الكبيرة تعرف باسم « وديان الخسف Rift Valleys » ولدينا مثلان للاخاديد هما وادى الراين الأعلى وكذلك المنخفض الذى يقع فيه البحر الميت ، وفى أحيان أخرى يحدث رفع لكتلة بين صدعين عاديين وتعرف الكتلة المرفوعة باسم « النتق أو الهورست Horst » (شكل ٦٠) .

---

(٣٥) أى اتجاه الخط الناتج من تقاطع مستوى الصدع من المستوى الافقى ـ (المغرب) .

(٣٦) أى المسافة الحالية بين نقطتين على جانبى الصدع كانتا متجاورتين قبل حدوثه ـ (المغرب) .

عدم التوافق Unconformity :

في مواضع كثيرة من السجل الزمني نجد دلائل على حدوث رفع للقشرة تتبعه فترات من التحات أو عدم الترسيب وهذا الانقطاع (أو هذه الثغرة) في السجل يعرف باسم عدم التوافق ، ويعرف الجيولوجيون ثلاثة أنواع من عدم التوافق :

١ ـ التباين Non Conformity :

يحدث هذا النمط من عدم التوافق عند ترسيب طبقات على سطح تحاتي لصخر نارى (شكل ٦١) ٠

٢ ـ التخالف Disconformity :

في عدم التوافق من هذا النوع نجد أن الطبقات التي تقع أسفل وأعلى سطح عدم التوافق تكون متوازية (شكل ٦٢) ويعبر التخالف هنا عن اختفاء طبقات من عصر معين وسط مجموعة من الطبقات المتتالية ٠

٣ ـ عدم التوافق الزاوى Angular Unconformity :

وهذا نوع واضح من عدم التوافق اذ تكون مجموعة الطبقات التي تعلو سطح عدم التوافق غير موازية لمجموعة الطبقات أسفله (شكل ٦٣) ، ويدل هذا النمط من عدم التوافق على أن المجموعة السفلى من الصخور قد حدث لها ميل أو طى تلاه تحات ثم تبعه ترسيب للمجموعة العلوية من الطبقات ٠

دلائل تحرك قشرة الأرض :

بالاضافة الى حدوث التقوس والطى والتصدع وعدم التوافق فقد توجد في القشرة الأرضية كثير من الدلائل الجازمة بأن عشرات الآلاف من الحركات التكتونية قد حدثت خلال الزمن الجيولوجى ، وقد سبق أن عرفنا أن البقايا المتحفرة من الحيوانات والنباتات البحرية قد تتواجد في صخور على ارتفاع آلاف الأمتار فوق سطح البحر ، كما قد نجد شواطىء انهار على مستوى مرتفع (وكذلك سهولا شاطئية وجزرا قطعتها أمواج البحر وكهوفا بحرية) ، ومثل هذه الملامح تعطى مؤشرا قويا على حدوث هبوط لمستوى سطح البحر أو رفع للقارة (أو الاثنين سويا) ، وبالمثل فان وديان الأنهار المغمورة تدل على رفع سطح البحر أو هبوط اليابسة ٠

ويعطينا حدوث الزلازل دليلا على أن حركات مشابهـــة مازالت تحدث فى الوقت الحاضر ، ويمكن رؤية مثال واضح على ذلك فى منطقة « خليج باكوتان » فى الاسكا ، ففى عام ١٨٩٩ أدى حدوث صدع الى رفع بعض أجزاء من الشاطىء بمقدار ١٤ مترا ، وبالمثـل فانه فى حالة زلزال سان فرنسيسكو عام ١٩٠٦ سببت الحركة الأفقية عبر مســتوى الصدع حدوث ازاحة فجائية فى مسار بعض الطرق والأسوار وصلت أحيانا الى ستة أمتار ٠

وفى نفس الوقت فان الدراسات التى تتعلق بتكتونيـــة الألواح والظواهر الجيولوجية المرتبطة بها تدل بوضوح على أن أجزاء كبيرة من قشرة الأرض لم تتحرك فى الماضى فحسب ولكنها مستمرة فى الحركة بدرجة محسوسة حتى وقتنا الحاضر ٠

الفصل الثامن

التجوية وتكوين التربة

التجوية هى العملية التى تؤدى الى حدوث تغيرات كيميائيـــة وفيزيقية للصخور عند سطح الأرض و بالقرب منه ، وهى من أهم عوامل التغير الجيولوجى ، وهى تعطى كثيرا من المـــواد التى تتكون منها الصخور الرسوبية ، كما أنها مهمة فى تشكيل ملامح سطح الأرض ، وهى المسئولة عن تكوين التربة ٠

وتقوم عوامل التحات Erosion بازالة فتات الصخور المتكون بالتجوية ، وهى العوامل التى تسبب تفكك هذا الفتـات وحمله بعيـدا بوسائل طبيعية ، وهكذا تعمل التجوية والتحـــات باستمرار على برى الصخور وازالتها من سطح الأرض ٠

التجوية الميكانيكية :

تحدث التجوية الميكانيكية Mechanical Weathering عندما يتحـول صخر ما الى كتـل صـــغيرة دون أن يعـــانى من أى تغير فى تركيبه الكيميـــائى ، وهـذا النـوع من التجوية الذى يعرف أيضا باسم التفتت Disintegration قد يكون نتيجة لعديد من القوى الفيزيائية ٠

التمدد والانكماش الناتجان من التغيرات الحرارية :

فى بعض المناطق (وعلى الأخص المناطق الجبليـــة) تتعرض الصخور لتغيرات كبيرة فى درجة الحرارة كل يوم تقريبا ، ففى النهـــار تتمدد الصخور عند قمم الجبال العالية عندما تسخن اثناء النهار ثم تعود لتنكمش عندما تتعرض للبرودة الشديدة اثناء الليل ، وبتكرار هذه

الظاهرة لفترات زمنية طويلة تحدث شقوق صغيرة وفجوات ، مما قد يسمح لعوامل جوية أخرى مثل دخول قطع من الصقيع (التى تعمل كاسفين) أو تسرب محاليل تحدث تفككا للصخر ، وقد تعمل الحرائق فى الغابات والمروج على التعجيل بتحطيم الصخور فيزيائيا ، وبالرغم من كل هذه التأثيرات السابق ذكرها فان الجيولوجيين لم يستقروا بعد على حقيقة الدور الدقيق لتغير درجة الحرارة فى عملية تفتت الصخور ٠

الصـــقيع :

عندما يتجمد الماء الموجود فى شقوق الصخور ومسامها فانه يتمدد ، وهذا التمدد اما أنه يعمل مثل الاسفين أو أنه يكون عامل رفع ، وفى الحالتين يتولد ضغط يكفى لتحطيم الصخور ، ففى الصقيع الاسفينى تتجه هذه الضغوط جانبيا ، وفى الصقيع الرافع (الذى يحدث عادة فى الصخور التى لم تتماسك بعد) يحدث الضغط فى اتجاه لأعلى ، وهذا العامل الأخير قد يدفع فتات الصخور الى سطح الأرض مما يسبب ضررا للأعمدة والأساسات والطـرق ٠

النشاط العضوى :

قد تسبب النباتات والحيوانات تفتت الصخور ، فجذور الأشجار التى تنمو عادة فى فجوات الصخور لها فعل ضاغط يكفى لابعاد أجزاء الصخور عن بعضها ، وبالاضافة الى ذلك تقوم الحيوانات الحفارة مثل القوارض والديدان والنمل بنقل فتات الصخر الى سطح الأرض فيتعرض لتاثير التجوية ، كما لا يجب أن ننسى الأنشـــطة البشرية المتزايدة ، اذ أن تفتيت الصخور على مستوى واسع كثيرا ما يواكب عمليات انشاء الطرق وحفر المناجم والمحاجر والنشاط الزراعى ٠

التجوية الكيميائية :

تسبب التجوية الكيميائية او التحلل الكيميائى Chemical Weathering or Chem. Decomposition تغيرا كيميائيا فى الصخر الذى قد يحطم المعادن الأصلية ويكون معادن جديدة ، اذ بينما تقوم التجوية الفيزيائية بتحويل الصخر الأصلى الى فتات صغير فان التجوية الكيميائية تنتج مواد جديدة تختلف فى تركيبها عن الصخر الأصلى ، وتعمـــل التغيرات الكيميائية بطـرق مختلفـة اهمهـا الاكسدة والتميؤ والكربنة والاذابة ٠

الأكسدة :

تحدث الأكسدة عندما يتحد الاكسجين (بمساعدة الهواء الرطب) بالمعادن مكونا اكاسيد ، وتعتبر الصخور والمعادن الحاوية على مركبات الحديد هى الأكثر عرضة بوجه خاص لهذا النوع من التحلل ، كما تعتبر اكسدة مركبات الحديد (التى ينتج منها صدأ الحديد) مسئولة عن تلون الصخور بالألوان الحمراء والصفراء والبنية ، وبالاضافة لما سبق فان بعض المركبات الحديدية (مثل معدن البيريت) تعطى أحماضا عند الأكسدة ، وهذه الأحماض تؤثر بشدة فى الصخور وتعجل بعوامل التحلل .

التميؤ :

عندما تتحد المادة بالماء يعرف هذا بالتميؤ ، وعندما تتعرض الصخور والمعادن للتميؤ تنتج مركبات جديدة مثل السيليكات المائية والأكاسيد المائية مثل تحول الانهيدريت $CaSO_4$ الى جبس $CaSo\ 42H_2O$ وتفاعل الهيماتيت Fe_2O_3 مع الماء ليعطى ليمونيت $FeO(OH)$ وبالتميؤ أيضا تتحول معادن الفلسبار الى معادن طينية .

وبالاضافة الى الفعل الكيميائى للماء فان التفاعل يكون مصحوبا بتمدد فيزيائى للمعادن ، مما يخلق مناطق ضعف فى الصخر مما يعجل بتفككه فيزيائيا .

الكربنة :

يتحد ثانى أكسيد الكربون CO_2 (الشائع وجوده فى الهواء والماء والتربة) مع بعض المعادن فيغير من تركيبها بدرجة كبيرة ، ولأن المواد الناتجة من هذا التفاعل (وهى كربونات أو بيكربونات) قابلة للذوبان فى الماء نسبيا فانها تزال من الوسط وتحمل بعيدا ، كما أن اتحاد ثانى اكسيد الكربون مع الماء يعطى حامض الكربونيك H_2CO_3 الذى يؤثر على معدنى الكالسيت والدولوميت ويذيبهما جزئيا .

الاذابة :

يؤدى ذوبان المعادن والصخور فى الماء دورا مهما فى التجوية الكيميائية ، وبالرغم من أن الماء له تأثير بدرجة ما فى اذابة كل المعادن

فان الاذابة تزيد بقدر كبير بعد اضافة حامض الكربونيك أو الأحماض التى تنتج من تحلل أو اخراج بعض الكائنات ، ومعظم هذه التأثيرات تحدث بفعل سريان الماء الجوفى الذى يذيب بعض المعادن من الصخور والتربة اثناء ارتشاحه ، والتجوية بالاذابة التى تعرف باسم « التصفية » قد تذيب أيضا المادة اللاحمة فى الصخور الرسوبية وتؤدى الى تفتت فيزيائى .

معدل التجوية :

تعمل قوى التحات باستمرار على ازالة القشرة الرقيقة من المواد الصخرية المفككة والمجواه والتى تعلو صخر الأديم ، أما « صخر الأديم Bed Rock » نفسه (وهو الصخر المتماسك الذى يكون مستقرا تحت الفتات الصخرى المجوى) فانه أيضا يتغير عندما يصبح مكشوفا ومعرضا لعوامل التجوية المختلفة .

ويعتمد معدل تجوية صخر الأديم على بعض العوامل مثل تركيب الصخر وحالته الفيزيائية والظروف المناخية ونوع التضاريس (أى الملامح الفيزيائية أو هيئة سطح الأرض) .

تركيب الصخر :

يعتبر التركيب المعدنى والكيميائى للصخر عاملا مهما فى تحديد درجة التجوية ، وبوجه عام نجد أن الصخور النارية تقاوم التجوية الميكانيكية لكنها أكثر عرضة للتجوية الكيميائية ، وكثير من الصخور الرسوبية وخاصة الحجر الجيرى والدولوميت لها قابلية كبيرة للتأثر بعمليات الكربنة والاذابة ، كما أن المادة اللاصقة (وهى المادة التى تجعل حبيبات الصخر متماسكة) تعتبر عاملا مهما ، اذ يعتبر الحجر الرملى السيليسى (الذى يحتوى على السيليكا كمادة لاحمة) أكثر قدرة على مقاومة التجوية من الحجر الرملى « الجيرى » الذى يحتوى على الكالسيت كمادة لاحمة ، وتعتبر بعض الصخور المتحولة وخاصة الكوارتزيت من أكثر الصخور قدرة على مقاومة التجوية .

الحالة الفيزيائية للصخر :

تسمح الصخور المحتوية على الثقوب والشقوق والفجوات لعوامل التجوية بأن تخترقها لأعماق كبيرة وبذلك تعجل من هدمها ، أما الصخر الصلد الذى لا توجد شقوق فى سطحه فانه يقاوم التجوية الى حد كبير .

الظروف المناخية :

للنمط المناخى السائد تأثير حاسم على طبيعة ومعدل التجوية ، اذ أن التجوية (وخاصة الكيميائية) تتقدم بسرعة فى الأجواء الرطبة الدافئة التى يكثر فيها المطر ، أما فى الجو الحار الجاف فان التجوية تكون فيزيائية غالبا ويكون فعلها بطيئا نسبيا ، وينطبق الحال أيضا على المناطق شديدة البرودة ٠

التضاريس Topography :

يكون فعل التجوية سريعا فى المناطق التى يكون انحدارها شديدا ، اذ يزال فتات الصخر بسرعة ويتعرض السطح الجديد للصخر لعوامل التجوية بصفة مستمرة ، ومع زيادة الارتفاع يزيد معدل سقوط المطر وتنخفض درجة الحرارة ، وهذا أيضا له تأثير على معدل التجوية ٠

تأثير التجوية :

عندما يتعرض صخر الأديم للفعل المدمر للعمليات المختلفة من التجوية الفيزيائية والكيميائية فقد يحدث بعض من الظواهر التالية :

التجوية التفاضلية Differential Weathering :

فى التجوية التفاضلية نجد أن الأجزاء المختلفة من الصخر المكشوف تتجوى بمعدلات مختلفة ، ويسمح هذا النمط من التجوية للأجزاء الصخرية الأكثر مقاومة بالبقاء بارزة بعد زوال أجزاء الصخر الأكثر ليونة أو قابلية للاذابة ، وقد تحدث التجوية التفاضلية كنتيجة لاختلافات فى التراكيب أو التكوين المعدنى أو لاختلاف طبيعة المادة اللاحمة أو لوجود درنات (الفصل السابع) ، وهى المسئولة عن وجود بعض المناظر الطبيعية مثل « خليج برايس فى ناشيونال بارك » فى ولاية أوتاه و « الغابة المتحجرة فى ناشيونال بارك » فى ولاية أريزونا ٠

التقشر :

يحدث التقشر Exfoliation عندما تنفصل قشور رقيقة أو ألواح رفيعة مقوسة من السطح المكشوف من الصخر (شكل ٦٤) ، ويوجد بعض الاختلاف فى وجهات النظر عن السبب الحقيقى للتقشر ولكن يبدو أنه نتيجة لتأثيرات مركبة من تغير درجات الحرارة وتباين الضغط ،وعندما تسقط هذه القشور الصخرية فهى تترك كتلا صخرية

تسمى « قباب التقشر » ، وقد تكونت بعض الظواهر المشهورة مثل « الجبل الحجرى » فى ولاية جـــورجيا ونصف القبـة فى يوزيميت ناشيونال بارك » فى كاليفورنيا كنتيجة لظاهرة التقشر (٣٧) ٠

التجوية شبه الكروية :

فى حالات خاصة يستمر التقشر حتى تختزل الكتل الصخريـــة الكبيرة الى جلاميد كروية أو شبه كروية (شكل ٦٥) ، وينتشر هذا النوع من ظواهر التجوية فى الصخور النارية دقيقة الحبيبات وقد يحدث أيضا فى تكوينات الطفلة الصفحية الكتلية ٠

الركـــام :

يعرف الفتات الصخرى المجوى والموجود على سفـــوح الجبال شديدة الانحدار أو عند الجروف أو على المنحدرات باسم الركام Talus (شكل ٦٦) ، ويصل سمك بعض تجمعات الركام (والمعروفـــة باسم الرسوبيات الركامية أو « صخور الانزلاق ») الى مئات الأمتار ، وتتكون الرسوبيات الركامية بوجه عام كنتيجة لفعل الصقيع أو لنوع آخر من التجوية الفيزيائية وتترسب بفعل الجاذبية الأرضية ٠

التربـــــة :

التـــربة Soil هى أهم نواتج التجـوية ، وتتـكون التربة من صخور الدثار (وهى طبقة الصخر السائب الذى يغطى صخر الأديم) المتحللة والمفتتة والتى تغيرت لدرجة أنها تسمح للنباتات أن تنمو عليها ، ومعظم أنواع التربة تحتوى على كمية من « المواد الدبالية Humus » وهى مواد عضوية داكنة تنتج من تحلل الكائنات النباتية والحيوانية ٠

وهناك عدة عوامل تحدد بصفة نهائية نوع التربة التى تتكون فى كل منطقة ، وأهم هذه العوامل هى: (١) تركيب الصخر الأم (أى الأصلى)، (٢) المناخ ، (٣) التضاريس ، (٤) النشاط النباتى والحيوانى ،وهذه العوامل يجب أخذها فى الاعتبار عند تقسيم أنواع التربة والذى سوف نناقشه هنا ٠

---

(٣٧) هذه الظاهرة واضحة فى تلال « الجرانيت الرمادى » فى كثير من المواقع فى مصر والسعودية والسودان على جانبى البحر الأحمر ـ (المعرب) ٠

انواع التـــربة :

يسمى الجزء العلوى من التربة (وسمكه ١٥ ـ ٢٠ سم) « قمة التربة » وتحته طبقة أفتح فى اللون وأكثر دمجا وأقل خصوبة وتعـرف باسم « التربة التحتية » ، وتعرف التربة المشتقة من صخر الأديم الذى تستقر فوقه التربة مباشرة باسم « التربة المتبقية » ، أما « التربة المنقولة » فهى التى نقلتها الرياح أو المياه أو الثلوج الى مكانها الحالى ، وفى هذه الحالة يختلف تركيبها عن صخر الأديم الذى يقع تحتها ٠

قطاع التربة :

لـكل نـوع من التـــربة قطـــاعه المميـز ، والقطـاع Profile هـــو تتـــابع « مســـتويات التـــربة Soil Horizons » (أو طبقـاتها) التى تختلف عن بعضها البعض ، ولطبيعة هذه المستويات فى التربة الناضجة اهمية خاصة فى تقسيم انواع التربة الذى سـوف نناقشه هنا ٠ والمستوى «أ» هو اعلى طبقة فى قطاع التربة وهو « قمة التربة » ، ويحتوى فى العادة على كميات متغيرة من الدبال ، وقد حدثت له نسبة معينة من التصفية وتحته المستوى «ب» أو « التربة التحتية » والتى تحتوى فى المناخات الرطبة على نسبة عالية من الطين واكاسيد الحديد مع قليل من المواد العضوية ، أما الجزء الأسفل أو المستوى «ج» فيتكون غالبا من الصخر الأم الذى حدث له تغير بسـيط ويتدرج الى أسفل حتى يصل الى صخر الأديم (شكل ٦٧) ٠

تقسيم انواع التربة :

يقسم العلماء التربة حسب المناخ السائد الذى تكونت خلاله التربة وأنواع النباتات التى تنمو عليها ، وهناك عدد لا بأس به من أنواع التربة ولكننا سوف نناقش ثلاثة فقط وهى البيدالفـر والبيدوكـال واللاتريت ٠

وتربة « البيـدالفر Pedalfer » وهى تميز المناطق ذات المناخ الدافىء الرطب ، وتتكون عادة تحت المزروعات الكثيفـــة ، ومستوى « ب » غنى بالطين وأكاسيد الحديد وله لون بنى أو أحمر ، أما مستوى « أ » فهو فاتح اللون ورملى ويحتوى على نسبـة عـــالية من المـواد العضوية ٠

وتربة « البيدوكال Pedocal » وهى تربة تحتـــوى على كميـــات كبيرة من كربونات الكالسيوم، وتتكون فى المناطق ذات المطر القليـل

والجو الحار ، وتنمو فيها الحشائش والشجيرات ، والجزء السفلى من هذه التربة يحتوى على كميات كبيرة من كربونات الكالسيوم والتى تسربت من الطبقات العليا من التربة .

و « التربة اللاتيريتية Lateritic »وهى تربة تخص المناطق الحارة الرطبة والتى تحمل الادغال النباتية ، ولونها المعتاد أحمر او أصفر وبها نسبة عالية من الطين ، ومع ذلك فهى ذات مسامية كبيرة نسبيا ، وبها نسبة عالية من اكاسيد الحديد والألومنيوم كما انها فقيرة فى السيليكا ، وفى بعض الأماكن تحدث تجوية شديدة لهذه التربة فتتكون تركيزات اقتصادية من البوكسيت (اكسيد الومنيوم مائى) وهو خام جيد للألومنيوم ، وقد تتكون خامات اقتصادية للحديد بنفس الطريقة .

الفصل التاسع

المـــاء الجـــارى

فعل الماء الجـــارى :

مما لا شك فيه أن الماء الجارى هو أهم عامل من عوامل التحات ، ومن المحتمل أن فعله فى برى سطح الأرض أقوى من فعل مجموع عوامل التحات الأخرى ، ومن المألوف لنا التأثير المستمر للمجارى المائية (أى المياه المنسابة على سطح الأرض فى قنوات واضحة أو غير واضحة لنا) فى تغيير ملامح سطح الأرض ، وفى حفر طريقها وسط الأرض ٠

ويسقط المطر كل عام بما يساوى أربعة مليارات طن من الماء تقريبا على كل سطح الأرض ، وبالرغم من أن المعدل السنوى لسقوط المطـر يختلف كثيرا من منطقة الى أخرى ، فان متوسط سقوطه سنويا على سطح الأرض يقدر بحوالى مائة سنتيمتر فى العام ، كما أن حوالى ٢٢ الى ٣٠٪ من هذه الكمية يصبح ماء جاريا ينطلق على سطح الأرض ، وتتكون معظم المجارى المائية السطحية من هذه النسبة ٠

الدورة الهيدرولوجية :

لكى نتفهم تماما أصل المجارى المائية وتصريفها النهائى فانه من المفيد أن تكون لدينا بعض المعرفة بالدورة الهيدرولوجية ، وهذه الدورة عبارة عن عملية مستمرة ، اذ يتبخر الماء من البحار ثم ينتقل فـوق اليابسة حيث يسقط على شكل مطر أو ندف من الثلج ، وفى النهـــاية يعود الى البحر (انظر شكل ٦٨) ٠

ومعظم المياه الموجودة على الكرة الأرضية يعود أصلها الى الجو ، أى أنها مشتقة من الغـلاف الهوائى على شكل مطـر أو ثلج ، وكما ذكرنا

سابقا فان حوالى ٢٢ ـ ٣٠٪ من هذا الماء يعود منطلقا الى البحـر ، لكن جزءا كبيرا منه يخترق الأرض بالارتشاح ليصبح « ماء جوفيـا Ground Water » ومعظم هذا الماء (أى المطر والثلج) يعود للغلاف الجوى بالتبخر أو عن طريق النتح النبـاتى (حيث يعيد النبـات الماء الزائد عن حاجته الى الجو على شكل بخار) ، وبالاضافة الى المـاء المنصرف بالانطلاق والارتشاح والبخر فان بعض الماء يتبقى على سطح الأرض لمدد طويلة على شكل جليد المثالج (سوف نناقش المثالج فى الفصل الحادى عشر) ٠

أنظمة التصريف وأنماط المجارى المائية :

للمجارى المائية أنماط كثيرة مختلفة ، وهى تتدرج فى الحجم من الأنهار الكبيرة التى تحمل الطمى وتنساب ببطء مثـل نهر المسيسيبى الى الجداول الصغيرة الصافية التى تندفع على سفوح الجبال ، وتختلف المجارى المائية ايضا من حيث قدرتها على الانسياب ، فبعضها ينساب خلال فصول المطـر فقط وتعـرف باسم المجارى المتقطعة Intermittent Streams ، قما التى تنساب باستمرار لأنها نحتت وديانها حتى وصلت الى منسوب الماء الجوفى ستعرف باسم المجـارى الدائمـة Permanent Streams .

أنظمة التصريف Drainage Patterns :

يعتمد الطريق الذى يسلكه المجرى على عدة عوامل ، واهمهـا درجة انحدار السطح وطبيعة الصخور التى يجرى فوقهـا ، وأثناء اتخاذها الطريق الى البحر تكون المجارى وفروعها تخطيطا خاصا أو نظاما معينا ، وتساعد طبيعة أنماط المجـارى المائية الجيولوجيين فى تفسيرهم لأشكال التراكيب الصخرية التى تجرى عليهـا المياه ، وكذا التاريخ الجيولوجى للمنطقة ٠

وتشبه معظم أنظمة المجارى المائية تفرعات الشجرة ، وذلك بسبب الطريقة التى تسلكها الفروع عندما تتصل بالقناة الأساسية للمجرى ، ولذلك تسمى « أنظمـة شـجرية Dendritic » (شكل ٦٩ ـ ب) ، ويكثر وجود النظـام الشجرى فى المنـاطق التى تكون أرضـيتها من الصخور مسطحة وقد تكون رسوبية أو نارية أو متحولة ، أما « النظام الشعاعى Radial » فانه ينشـأ عنـدما ينسـاب المجـرى فى كـل الاتجاهات منبعثا من منطقة مركزية مثل قمة أحد الجبال (شكل ٦٩ ـ ج)،

وعندما تتصل الفروع بجداول أكبر عند زوايا قائمة فان النظام المتكون يشبه « العريشة Trellis » (شكل ٦٩ ــ د) ، وينشأ هذا النظام فى المناطق التى تنكشف بها طبقات صخرية مائلة تقاوم التحات بدرجات غير متساوية ، وفى مثل هذه المناطق تتكون الوديان خلال مكاشف الصخور الضعيفة بينما تبقى الصخور الأقوى كحواجز فاصلة ، أما « النظام ذو الزوايا القائمة Rectangular » (شكل ٦٩ ــ أ) فينشأ فى المناطق حيث تكون الطبقات الصخرية تحت المجرى شديدة التشقق ، وهذا النظام يشبه النظام العريشى (قارن ٦٩ ــ أ ، ٦٩ ــ د) .

انماط المجارى المائية :

يمكن تقسيم انماط المجارى المائية أيضا حسب العلاقة بين الطريق الذى يسلكه المجرى والصخور التى تحته ، فمجرى الماء « الانحدارى Consequent » هو المجرى الذى يتبع اتجاه انسيابه الانحدار الأصلى لسطح الأرض ، وهذا النمط من المجرى يكثر وجوده فى المناطق ذات التباين الضعيف (أى حيث تقل المرتفعات والمنخفضات) مثل السهول الشاطئية ، أما المجرى « اللاحق Subsequent » فهو الذى يتغير اتجاه انسيابه بسبب شقوق الطيات أو لاختلاف صلابة الصخور التى تحته ، وفى العادة تتبع قنوات هذا النمط طبقات الصخور اللينة مثل الطفلة الصفحية ، ومن جهة أخرى فان المجرى المائى «المتقدم Antecedent » يتخذ طريقه بالرغم من وجود أى مرتفع أرضى يقابل مجراه ، وعادة ما تظهر المجارى اللاحقة كفروع للمجرى المتقدم فى النظام العريشى (انظر شكل ٦٩ ــ د) ، أما المجرى « المطابق Superimposed » فهو الذى يقطع طبقات لينة عند منبعه ثم يفرض نفسه على الصخور الأقدم التى تقع تحته ، وهكذا فان الصخور التى يجرى عليها المجرى المطابق ذات تركيب وطبيعة مختلفين عن الصخور التى بدأ عندها المجرى .

فعل المجارى المائية :

يبدأ فعل الماء الجارى بوجه عام بالمطر الذى ينصرف أغلبيته بالانطلاق، فقد يبدأ الماء فعله وهو على شكل «صفحة مائية Sheet Wash » ولكنه سرعان ما يتحول الى مجرى مائى ،وتزيد كمية الماء المنطلق بالعوامل الآتية : (١) شدة انحدار السطح ، (٢) انخفاض نفاذية الصخور عند السطح ، (٣) نقص النباتات ، (٤) وجود مطر شديد قصير الأمد أو مطر خفيف لمدد طويلة .

انواع تحات المجارى المائية :

يحدث التحات بالمجارى المائية بواسطة عدة عمليات يعمل أغلبها بالمشاركة مع بعضها الآخر ، وهناك عدة عوامل تحدد بصفة نهائية درجة ونوع التحات الذى سوف يحدث فى المنطقة ٠

السحج (أو السنفرة) Abraision :

تعتمد قدرة أى مجرى على السحج على مقدار « حمولته Load » والحمولة هى كمية المواد التى يحملها المجرى فى زمن محدد ، فكل حبة رمل أو حصوة أو جلمود يحملها المجرى تصبح أداة قاطعة قادرة على تعميق وتوسيع قاع المجرى ، ويحدث السحج (الذى يعرف باسم التحات الميكانيكى للمجرى) عندما تحتك حبيبات الصخور ببعضها أو بصخر الأديم (صخر قاع المجرى) وذلك أثناء نقلها فى الماء ، وبالاضافة الى ذلك فان التحات يزيد بسبب « التصادم Impaction » الناشىء من ارتطام الحبيبات ببعضها أو بصخر الأديم ٠ ويحدث أقصى فعل للسحج عندما يكون انسياب المجرى (أى السرعة) كبيرا وحمولته ثقيلة مع تدحرج الفتات على القاع ،ويمكن ملاحظة تأثير هذا النوع من التحات عندما نرى الحصوات والجلاميد الناعمة جيدة الاستدارة والضفاف المنحوتة بشدة على جوانب كثير من المجارى المائية ٠

الاذابة :

للماء الجارى تأثير كبير فى اذابة أو تآكل الصخور التى ينساب عليها ، ويحدث هذا النوع من التحات المائى عندما يذيب الماء المحتوى على حامض الكربونيك (المشتق من الهواء أو النباتات) المعادن فى صخر الأديم ، وأكثر الصخور قابلية للتأثر بالفعل المذيب للماء الجارى هى الحجر الجيرى والجبس والدولوميت ٠

الرفع المباشر أو الفعل الهيدروليكى :

تصبح قدرة المجرى على رفع ونقل المواد فى أقصى درجة من التأثير فى الأماكن حيث يكون صخر الأديم مشققا بشدة والتحام شقوقه ضعيفا (أو بدون التحام) ، وتضغط الموجات القوية على الماء ليدخل الشقوق على طول قناة المجرى ، وبذلك تزيح المزيد من المواد الصخرية من الضفتين أو من قاع المجرى ٠

معدل تحات المجارى المائية :

يعتمد هذا المعدل على عدة عوامل ، أهمها ما يلى :

حجم المجرى :

لحجم المـاء الذى يحمله المجـرى تأثير واضح على قدرته على التحات ، فالأحجام الكبيرة من الماء قادرة على حمل مواد صخرية كثيرة، وهذا بدوره يزيد من قدرة المجرى على السحج ، كما يعنى أن التحات يكون على أشده فى مرحلة الفيضان ، اذ يحمل النهر كميات اكبر من المواد ٠

تدرج المجرى وسرعته :

يشير تدرج المجرى Stream Gradient الى انحدار السطح الذى ينساب عليه الماء ، وقد يختلف تدرج المجرى من مكان لآخر فهو كبير عند منبع النهر ويصبح اقـل نسـبيا عند مصبه ، وتزيد سرعة المجـرى عندما يكون الانحدار شديدا ، اذ تكون كمية المياه كبيرة وقناة المجرى مستقيمة وضيقة وخالية نسبيا من العوائق ٠

الانسياب الصفائحى والانسياب المضطرب :

اذا كانت قناة المجرى ملساء نسبيا وخالية من العوائق ، وسرعة التيـار منخفضة نوعا فان الماء ينسـاب على شكل صفيحات Lamenae موازية لجدران قناة المجرى ، ويعرف هذا باسم الانسياب الصفائحى ، أما الانسياب المضطرب Turbulent فان هذا يحدث عندما يصبح التيار بطيئا بسبب الاحتكاك بين الماء وضفاف المجرى أو لوجود عوائق أو عدم انتظام قناة المجرى ، وهذه العوامل تحدث اضطرابا فى الانسياب الصفائحى المهد ، ويتقلب الماء على شكل دوامات أو دوائر (شكل ٧٠) ، وللانسياب المضطرب تأثير كبير فى زيادة التحات فى قناة المجرى وكذا نقل الرسوبيات ٠

تأثير التحـات بالمجـارى المائية :

يعتبر الفعل التحاتى للمجارى المائية مسئولا عن وجـود بعض الظواهر الجيولوجية المهمـة ، ومن بينها الوديان والأخاديد التى نحتتها المجارى المائية ، وكذلك المساقط المائية (الشلالات) والمسارع ، والحفر الوعائية ، والقرصنة النهرية ، والمنعطفات وقطـع النهر ، والبحيرات القوسية ٠

الوديان والأخاديد المنحوتة بالمجارى المائية :

قد يشق الماء الجارى على سطح الأرض منخفضا أو قناة قد تصبح واديا فى نهاية الأمر ، ومعظم الوديان بدأت كأخاديد صغيرة Gullies ثم ازداد طولها وعمقها وسعتها كلما توالى سقوط المطر ، ويزداد طول الأخدود بالتحات « نحو المنبع Headward » وهو التحات فى اتجاه قمم الجبال حتى يصل الى النقطة التى يبدأ فيها المطر فى تكوين المنبع ، ويحدث التحات المستمر وديانا تشبه الحرف V والتى تصبح أكثر عمقا عن طريق نحت الصخر الذى تحت المجرى كما يتسع بنحت الضفتين (شكل ٧١) ، وقد يستمر التحات حتى يصل المجرى الى مستواه الأدنى « Base Level » وهو أخفض مستوى يصل اليه انسياب الماء أو نحته للوادى ٠

وتعتمد الدرجة التى يصل اليها تزايد اتساع الوادى على: (١) حجم المجرى ، (٢) سرعته ، (٣) طبيعة حمولته ، (٤) مقاومة صخور القاع ، وبعض الوديان يزيد عمقها بمعدل أسرع من زيادة عرضها ، ومثل هذا الوادى يطلق عليه الأخدود أو المضيق أو الوادى الضيق ، وسوف نناقش نمو الوديان التى صنعتها الأنهار فيما بعد ٠

المسارع ومساقط المياه :

عندما يحدث هبوط فجائى فى منحدر النهر تسرع حركة المياه وتتولد المسارع Rapids ، وعندما يحدث هبوط رأسى فجائى فى قاع المجرى يتكون المسقط المائى (الشلال) (شكل ٧٢) ، وكثير من مساقط المياه (مثل شلالات نياجرا) تتكون عندما يتغير صخر القاع من صخر مقاوم الى صخر لين نسبيا ، وعندما تجرى مياه نهر نياجرا على جرف تتكون قمته من حجر جيرى صلب ، فانها تسقط على صخور أقل مقاومة ، وتجرف مياه الشلال بقوة فى الطفلة عند قاعدة الجرف مما يؤدى الى تقوض الحجر الجيرى وانفصال أجزاء منه ، وكنتيجة لعملية التقويض يبدو أن شلالات نياجرا تتراجع للخلف بمعدل ٢٠ر١ الى ٥٠ر١ مترا كل عام ، وهناك مساقط أخرى (مثل شلالات يلوستون فى « يلوستون ناشيونال بارك ») وتتكون عند مرور المجرى على متدخلات نارية وتنحت رسوبيات الرماد البركانى عند أسفل المجرى ، وهناك مساقط أخرى (مثل مساقط يوزيميت ناشيونال بارك) تكونت عند اتصال الوديان المعلقة بالوادى الرئيسى (انظر الفصل الحادى عشر) ٠

الحفر الوعائية Pot Holes :

عندما تحدث المجارى المائية السريعة دوامات مائية فان تيار الدوامات يدفع الماء (وما يحمله من رمال وحصى ... الخ) فى حركة دائرية ، فيعمل الفتات الصخرى العالق بهذه الدوامات على حفر منخفض دائرى ضحل فى قاع المجرى ، ومثل هذه الحفر تسمى الحفر الوعائية ويتراوح قطرها من سنتيمترات قليلة الى ما قد يصل الى ستة أمتار .

القرصنة النهرية

قد يزداد طول المجرى أحيانا بالتحات فى اتجاه المنبع مما قد يؤدى الى تقاطعه مع ضفاف مجرى آخر فيحوله الى مجراه الخاص ، وهذه الظاهرة المعروفة باسم القرصنة النهرية Stream Piracy أو الأسر النهرى Stream Capture تحدث كنتيجة لاختلاف معدلات التحات .

المنعطفات النهرية وقطع النهر والبحيرات القوسية :

عندما يصل مجرى النهر الى حالة اتزان بين كمية المواد التى يبريها والكمية التى يرسبها فانه يسمى فى هذه الحالة « النهر المتدرج Graded Stream » ، ومثل هذا النهر ليس له فعل تحاتى ويقتصر نشاطه على نقل حمولته ، ومع ذلك فقد يحدث تحات جانبى أو ما يعرف باسم « قطع الجوانب Sidecutting » ويصبح قاع الوادى أكثر اتساعا ، وكلما ازداد نمو الوادى فان مجرى النهر يمثل جزءا صغيرا نسبيا من أرضية الوادى ، وهذا يسمح للنهر بأن يتخذ طريقا كثير المنعطفات والالتواءات يتميز بوجود منحنيات واسعة على شكل حرف S تسمى المنعطفات النهرية Meanders (شكل ٧٣ ـ ١) .

وتصبح بعض المنعطفات شديدة الانحناء لدرجة أن لسانا ضيقا من الأرض يصبح هو الفاصل بين نهايتى المنعطف ، وفى وقت الفيضان قد يحدث أن يختصر النهر طريقه ويحدث قطعا فى هذا اللسان الأرضى ، وبذلك ينفصل المنعطف عن باقى النهر ، فاذا ما تبقى بعض الماء فى هذا الجزء الهلالى المهجور من النهر فانه يسمى فى هذه الحالة « بحيرة قوسية Oxbow Lake » (شكل ٧٣ ـ ب) .

الأنهار المجدولة :

النهر المجدول Braided Stream هو النهر الذى يتميز بوجود

مجموعة من القنوات المعقدة التى تتحد أحيانا ثم تتشعب أحيانا اخرى ويتكرر الأمر مرات عديدة ، كما يمتلىء مثل هذا النهـــر بالحواجـز الرملية ، وهى تجمعات رملية ترسبت من نهر فوق مشبع بحمولة من الفتات الصخرى ٠

كيف تنقل الأنهار حمولتها :

مثل كل عوامل التحات الأخرى تلتقط الأنهار معظم حمولتها عندما تبرى المواد الصخرية التى تمر عليها ، وبذلك يتم برى ما يقرب من بليون طن من الرسوبيات من سطح الأرض كل عام ، ثم تنقلها الأنهار وترسبها فى البحر ، وهذا الفتات الصخرى هو الذى يكون الصخور الرسوبية خلال فترة لاحقة من الزمن الجيولوجى ٠

وكما ذكرنا سابقا فان كمية المواد التى يحملها النهر تعتمد غالبا على سرعة الماء وحجمه ، وفى العادة يكون ازدياد حجم الماء مصحوبا بزيـادة فى سرعته ، وبـذلك تزداد طـاقة حمـــل النهـــر « Capacity » ٠ أى أنه يستطيع حمل كميات أكبر من المواد) ، كما تزداد قدرة النهر « Competency » (أى أنه يستطيع ان يحمل أحجاما أكبر من الحبيبات) ، وقد تنتقل المواد الصخرية التى يلتقطها النهر على شكل ذائب أو معلق أو بالدحرجة على قاع النهر ٠

الحمولة الذائبة :

يتم حمـل المواد الذائبة على شكل محلول ، وهذه الحمـولة « غير المنظورة » تختلف كمياتها حسب درجة ذوبان صخر الأديم الذى يمـر عليه النهر ٠

الحمولة المعلقة :

تكون معظم المواد المنقولة فى النهر « معلقة » بين قاع النهـــر وسطحه ، وفى العادة تتكون الرسوبيات المنقولة بهذه الطريقة من الرمل أو الغرين أو الطين ٠

الحمولة القاعية Bed Load :

ينقل الكثير من الأنهار كميات كبيرة من فتات الصخور بالدحرجة أو الانزلاق على قاع النهر ، كما قد تتحرك حبيبات الصخور بطريقـة

« القفز Saltation » وهو نوع من الحركة تنتقل فيه الحبيبات عن طريق تتابع من قفزات صغيرة ، ويقال ان فتات الصخور المنقول بأى من الطرق السابقة يتحرك بالسحب Traction ويكون « الحمولة القاعية » للنهر .

الترسيب النهرى :

يرسب النهر حمولته عندما تقل قدرته وطاقته على الحمل ، وبعض أسباب هذا التناقص هى : (١) تناقص تدرج النهر (أى تناقص انحدار القاع) ، (٢) تناقص حجم الماء ، (٣) فقدان سرعة الجريان ، (٤) وجود عوائق فى مجرى النهر ، (٥) زيادة اتساع قاع النهر ، (٦) الحمولة الزائد ، (٧) تجمد ماء النهر ، (٨) التفريغ فى مجارى مائية أكثر هدوءا او اقل سرعة، وتعرف المادة المترسبة باسم « الطمى Alluvium » .

وتحتوى الرسوبيات الطينية على مواد يتم تصنيفها حسب حجم حبيباتها ، وبالتالى فهى طبقية (أى مترسبة على شكل طبقات) ، وتقع الحبيبات الأكبر حجما فوق القاع مباشرة ، كما تتكون مواد الطمى من حبيبات صخرية حدثت لها استدارة وأصبح سطحها ناعما بسبب الفعل السحجى للنهر .

انماط الرسوبيات النهرية :

تتخذ الملامح الترسيبية التى يبنيها الماء الجارى أشكالا عديدة ، وسوف نناقش هنا الملامح الأكثر شيوعا لهذه الرسوبيات :

المراوح الطمية ومخاريط الطمى :

المراوح الطمية Alluvial Fans هى رسوبيات تتخذ شكلا يشبه مروحة اليد ، ودرجة ميلها معتدلة ، وهى توجد عند سفوح الجبال ، وتترسب هذه التجمعات من الغرين والرمل والجلمود (الحصى) والجلاميد عندما تفقد الأنهار الجبلية السريعة تدرجها وتنساب على أرض منبسطة عند سفوح الجبال ، أما الرسوبيات من هذا النوع التى تتميز بانحدار شديد فتعرف باسم « مخاريط الطمى Alluvial Cones » وفى بعض المناطق غرب الولايات المتحدة تتصل المراوح الطمية ببعضها عند سفح احدى السلاسل الجبلية لتكون « سهول السفح الطمية » (كما يطلق عليها اسم البجادا Bagadas او البهادا) .

الدلتاوات :

عندما ينساب النهر فى جسم كبير من الماء (كالبحر أو احدى البحيرات) تقل سرعته فجأة ويرسب جزء كبيرا من حمولته ، وتعرف الرسوبيات التى تتكون فى مثل هذه الظروف باسم الدلتاوات Deltas وبعض الدلتاوات لها امتداد شاسع (مثل دلتا المسيسيبى ودلتا النيل وتغطى كل منهما ٣٠ ، ٢٦ الف كيلو متر مربع على الترتيب) وقد أمكن دراستها بالتفصيل ، وتمدنا الرسوبيات الدلتاوية بأكثر الأراضى الزراعية خصوبة ، وكلما ازداد اتساع الدلتا فاض النهر وكون مجارى جديدة تعرف باسم « الفروع النهرية Distributaries » .

السهول الفيضية :

وتعرف أيضا باسم « السهول النهرية River Plains » أو « مسطحات الوديان Valley Flats »وتتكون السهول الفيضية فى أوقات الفيضان عندما يغرق النهر ضفافه ، وفى هذه الحالة تتناقص سرعة المياه عندما يترك النهر مجراه ويرسب جزءا كبيرا من حمولته على أرض الوادى ، وقد كون نهر المسيسيبى سهلا فيضيا كبيرا ولاسيما فى أجزائه المنخفضة (٣٨) .

الشرفات النهرية :

عندما يتعرض السهل الفيضى لتاثير التحات فان بقاياه تعرف باسم « الشرفات النهرية Stream Terraces » ، ومثل هذه الشرفات ذات مستوى طوبوغرافى أعلى من السهل الفيضى المحيط بها .

الجسور الطبيعية :

عندما يفيض النهر على ضفتيه ليكون سهلا فيضيا فانه يفقد أغلب حمولته على طول شاطئيه ، حيث تترسب الحبيبات ذات الحجم الأكبر ، وتبنى حافة أو حاجزا يسمى « الجسر الطبيعى Natural Levee » وبعضها يرتفع من أربعة الى ستة أمتار فوق السهول الفيضية المحيطة به ، كما أن هذه الجسور تقدم حماية للأراضى المنخفضة المجاورة لها فى أوقات الفيضان .

---

(٣٨) كون نهر النيل أيضا سهلا فيضيا على ضفتيه يمتد بطول الوادى فى مصر والسودان ابتداء من القاهرة جنوبا ـ (المعرب) .

دورات التحات :

يعتقد بعض الجيولوجيين أن التحات يتبع دورة محددة ، وذلك على الرغم من ندرة وجود مثال كامل لدورة تامة ، اذ أحيانا تنقطع دورة التحات بسبب حدوث ظاهرة « التصابى Rejuvenation » اذ يتصادف أن يحدث تحات لمنطقة ما حتى تصل الى مستواها الأدنى ، فاذا تعرضت هذه المنطقة الى رفع فان هذا يسبب زيادة فى انحدار المجرى ويبدأ التحات دورة جديدة ، وتبدأ دورة التحات بوجه عام بحدوث تحات لمنطقة ما حتى تصل الى مستواها الأدنى ثم يحدث رفع فيبدأ التحات من جديد .

وبالرغم من أن بعض الجيولوجيين لا يوافقون على صحة هذا التصور فانه مما لا شك فيه انه يمدنا بمعلومات كثيرة عن تطور الأنهار وما يحيط بها من تضاريس ، أما كيف أمكن تطبيق هذا التصور على تطور وديان الأنهار فهذا ما سوف نناقشه فيما يلى :

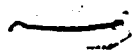
تطور الوادى النهرى :

عندما ترفع الحركات التكتونية منطقة ما فوق مستواها الأدنى ، فان الأنهار تشرع فى برى السطح حتى يعود مرة أخرى للمستوى الأدنى، وتكون النتيجة النهائية لهذا التحات المستمر هى تكوين « السهب Peneplain » ، وهو منطقة واسعة ذات تباين طفيف وارتفاع منخفض ويحدث هذا الفعل التحاتى (والذى يعرف بدورة تحات الوديان النهرية) فى مراحل محددة هى الشباب والنضج والشيخوخة (وتمر الأنهار التى تخترق هذه الوديان بنفس المراحل) ، ويظهر جدول (٤) صفات وملامح المراحل المختلفة لدورة تحات الوادى النهرى .

مرحلة الشباب :

تتميز الوديان الشابة بالعمق وشدة انحدار الجانبين ، ويشبه مقطعها حرف V ، ولا توجد سهول فيضية ولا تزال الأنهار التى تجرى فى الوديان الشابة فوق المستوى الأدنى ولها نشاط كبير فى قطع طريقها فى طبقات القاع ، وتعرف هذه الأنهار بالأنهار الشابة ، وتتميز بمجرى مستقيم مع وجود مسارع وشلالات وعدد قليل نسبيا من التفرعات ، ومثل هذه الملامح يكثر وجودها عند منابع الأنهار .

جدول ٤ : دورة تحات الوادى

	الشباب	النضج	الشيخوخة
قطاع مستعرض			
ميل القاع	شديد الانحدار	متوسط	انحدار منخفض أو لطيف
التحات	وادى متعمق	وادى متعمق ومتسع	وادى متسع
اتجاه المجرى	مستقيم	يبدأ فى التعرج	منعطفات واسعة
قاع المجرى	السهل الفيضى صغير أو غير موجود	سهل فيضى متميز	سهل فيضى متسع
التفرعات	قليلة وصغيرة	اقصى عدد ممكن	قليلة وكبيرة
ملامح خاصة	مسارع وشلالات	بعض البحيرات القوسية	بحيرات قوسية كثيرة ، جسور طبيعية ، سهول فيضية ومستنقعات

مرحلة النضج :

كلما عمقت الأنهار وديانها تناقص تدرج هذه الأنهار ، وفى هـذه المرحلة لا نجد مسارع أو شلالات ، ويتخذ المجرى تعرجات ومنعطفات ، ومن الدلائل الاضافية على نضوج الوادى تسطح قاعه مع وجود سهول فيضية متميزة ومنعطفات متسعة مع وجود عدد قليـل من البحيرات القوسية ٠

مرحلة الشيخوخة :

يؤدى التحات المستمر الى وديان عريضة جدا وضحلـة وبهـا رسوبيات كثيرة لسهول فيضية متسعة مع تعدد البحيرات القوسيـة ، ويقال لمثـل هـذه الوديان والأنهار التى انشأتها انهـا بلغت مرحـلة الشيخوخة ، ومثل هذه الأنهار بطيئة نسبيا وتدرجهـا طفيف ويتميز مجراها بعدد من المنعطفات والبحيرات القوسية والجسور الطبيعية ٠

التصابى :

سبق أن عرفنا انه قد يحدث انقطاع فى دورة تكوين الوديان بسبب ظاهرة التصابى ، اذ ما أن تحدث هذه الظاهرة حتى يزيد تدرج الانهار التى سوف تقطع طريقها بعمق فى قاع الوادى وقد تتكون تتابعا من الشرفات السلمية (التى تشبه درجات السلم) ، وقد يسمح التصابى أيضا بتكوين منعطفات أخدودية (عميقة) والتى تتكون عندما يحدث رفع لنهر متعرج ثم يبدأ فى تتبع نظامه الملتوى مع استمرار حفره العميق فى الصخور التى يجرى فوقها ٠

الفصل العاشر

المياه الجوفية

سبق ان عرفنا انه عند سقوط الماء على شكل مطر فانه يتم تصريفه بالانطلاق (اى الانسياب على المنحدرات) او بالتبخر او بالارتشاح خلال الصخور ، وهذا الماء الذى يخترق سطح الأرض (أو يرتشح فى الصخور) يصبح ماء جوفيا ، كما يعرف أيضا بالماء الأرضى او تحت الأرضى Underground او تحت السطحى Subsurface ، ويوجد هذا الماء فى المسام والشقوق المنتشرة فى الصخور أو التربة فى الجزء العلوى من قشرة الأرض ٠

ومعظم المياه الموجودة فى باطن الأرض هى مياه «جوية Meteoric» مشتقة من المطر أو الثلج والتى تتخلل الفراغات فى الصخور ، وهذا هو المصدر الرئيسى للمياه الجوفية ٠

وتوجد نسبة صغيرة من المياه الجوفية نشأت من ماء « صهارى Magmatic »، ومثل هذا الماء يتكون تحت سطح الأرض من النشاط النارى فى الأعماق الكبيرة ، ولأن هذا الماء يظهر لأول مرة فى الدورة الهيدرولوجية فانه يسمى أيضا الماء الشاب « Juvenile » .

أما الماء المقرون Connate فهو الماء الذى كان محبوسا فى صخر رسوبى فى وقت تجمع الرسوبيات وهو نفس نوع الماء الذى نجده فى العادة مصاحبا للتجمعات البترولية ، وهذا الماء المقرون يكون دائما مالحا ، ويحتمل أن يكون من ماء البحار القديمة ثم ظل محتبسا فى الرسوبيات منذ وقت تكونها ، والماء المقرون (مثل الماء الشاب) يكون نسبة صغيرة فقط من المياه الجوفية ٠

حركة المياه الجوفية :

بتاثير الجاذبية الأرضية تخترق المياه الجوفية الصخـــور حتى أسفلها ثم تملأ كل الفراغات المتاحة من القاع متجهة لأعلى ، ويصبح هذا ممكنا بسبب امتصاص الصخور المسامية للكثير من الماء المرتشح ، فاذا كانت الصخور منفذة فانها تسـمح للماء الجوفى بالحـركة خلالها ويصبح انتشاره سهلا ، وتسمى الصخور المسامية والمنفذة والتى تسمح بالانسياب الحر للمياه الجوفية « مكامن المياه الجوفية » أو « الاكويفر Aquifers » . وتختلف الصخور عن بعضها فى درجة « المسامية Porosity » وكـــذا درجـــة « النفـــاذية Permeability » (شكل ٧٤) ، وقد تتراوح نسبة المسامية من اقل من ١ فى المائة (فى بعض الصخـور النارية الكتلية التى لم تتاثر بالتجوية) حتى ٣٠٪ (فى حالة بعض أنواع الحجر الرملى) ، وبالرغم من أن بعض الصخور لم تكن مسامية فى الأصل لكنها تصبح منفذة بسبب تكوين فراغات (ناتجة من فعل الاذابة) وشقوق ... الخ ، أما الصخور التى لا تسمح للماء بالعبور من خلالها فتسمى « غير منفذة » .

منسوب الماء الجوفى :

يسمى الجزء من قشرة الأرض الذى تمتلىء كل الفراغات المتاحة فيـه بالمـاء « نطـاق التشـبع » أو « نطـاق فرياتى Phreatic Zone » (شكل ٧٥) ، ويعرف الحـد الأعلى لهـذا النطاق باسم « منسوب المـاء الجوفى Water Table » .

وتسمى الصخور والتربة التى يمر من خلالها الماء الجوفى (فى طريقه الى نطاق التشبع) باسم « نطاق الماء الجاثم Vadose Zone » أو « نطاق التهوية » ، ولا تصل الصخور فى نطاق الماء الجاثم الى درجة التشبع الكامل ، وذلك بسبب وجـود الهواء مع المـاء فى الفـراغات الصخرية (وهذا بدوره يعجل من تحلل الصخور المحيطة) .

ويختلف مقدار العمق الذى نلقى فيـه منسوب الماء الجوفى تحت سطح الأرض من منطقة الى اخرى ، وهناك عاملان اساسيان ضمن اهم العوامل المؤثرة على مستوى منسوب الماء الجوفى وهما كمية المطـر الساقط فى المنطقة والتضاريس الموجودة .

وعلى سبيل المثال ينخفض منسوب الماء الجوفى بدرجة كبيرة خلال فصول الجفاف فيسبب قلة المـاء فى الآبار ، أما اذا تزايد سقوط المطـر

فان منسوب الماء الجوفى يصبح قريبا من سطح الأرض ، كما تعتبر التضاريس مهمة فى تحديد عمق منسوب المياه الجوفية ، وبوجه عام فان المنسوب يوازى سطح الأرض على وجه التقريب ، ولذلك نجد المنسوب قريبا من سطح الأرض فى الوديان وعلى عمق أكبر نسبيا فى التلال والجبال ·

وكلما تقاطع المنسوب الجوفى مع سطح الأرض فاننا نجد تجمعا مائيا مكونا بركة أو بحيرة أو مستنقعا ·

وفى بعض المناطق قد تتجمع كمية من الماء الجوفى فى مكمن يعلو طبقة غير منفذة ، وينفصل بذلك عن المنسوب العادى للماء الجوفى (شكل ٧٦) ، ويسمى هذا « منسوب الماء الجاثم Perched Water Table لأنه يوجد فى وضع أعلى من المنسوب العادى للماء الجوفى ·

كيف يصل الماء الجوفى الى سطح الأرض :

بالرغم من أنه يمكن رفع الماء الجوفى للسطح بواسطة الآبار ، فان كثيرا من المياه الجوفية ترتفع (ذاتيا) للسطح كنتيجة لعملية النز الطبيعى مثلما فى الينابيع ·

الآبـــار :

البئر هو ثقب يتم حفره فى الأرض الى عمق يصل لمنسوب الماء الجوفى ، فاذا ما أردنا أن يكون ماء البئر دائما ومستمرا ففى هذه الحالة يجب أن نزيد من عمقه وبذلك يكون منسوب الماء أخفض من قاع البئر حتى فى فصول الجفاف ، وعلى العموم يجب أن يخترق البئر نطاق التشبع بأكبر عمق ممكن ، ويجب الحرص الشديد حتى لا يحدث تلوث لماء البئر ·

ويوجد نوع من الآبار يعرف باسم « البئر الارتوازى Artesian Well » وفيه يصل ضغط الماء حدا كافيا لأن يجعل الماء يصعد لمستوى أعلى من المستوى الذى كان عليه عند بدء الحفر (وقد يصل الماء الى سطح الأرض أو يتوقف صعوده قبل ذلك) ، ويمكن الحصول على كميات كبيرة من الماء من الآبار الارتوازية ، وحيث انها لا تعتمد على الأمطار الموسمية ، فانه يمكن الاعتماد على هذه الآبار أكثر من اعتمادنا على الآبار العادية ·

ويجب أن تتحقق بعض الشروط الخاصة قبل أن نحصل على بئر ارتوازى ، اذ يجب أن يكون صخر المكمن (وهو فى العادة حجر رملى أو جرول) مائلا فى اتجاه بعيد عن سطح الأرض ، كما يجب أن تحيط به صخور غير منفذة من أعلى ومن أسفل (شكل ٧٧) ، وبالاضافة الى ذلك يجب أن تكون لصخر المكمن مكاشف فى منطقة معرضة لأمطار كافية حتى يتشبع النظام الارتوازى ، وأن تكون هذه المكاشف عند ارتفاع أعلى من موقع البئر ، فمثل هذه الظروف تنشىء ضغطا هيدروستاتيكيا (مائيا) يسمح بانشاء آبار ارتوازية ٠

الينابيع :

يتكون الينبوع Spring اذا وصل الماء الجوفى الى سطح الأرض ثم انساب للخارج باستمرار أو على فترات ، وتوجد « ينابيع سفوح التلال » فى المناطق التى تكثر فيها التلال عندما يتقاطع منسوب الماء الجوفى مع سطح الأرض (شكل ٧٨) ، أما « ينابيع الشقوق » فيمكن اعتبارها آبارا ارتوازية أنشأتها الطبيعة ، حيث يصل الماء الى سطح الأرض من خلال شقوق فى الصخور وينساب خارجا بقوة كبيرة ، وتعطى « الينابيع الحارة » ماء سبق تسخينه بفعل الصخور الساخنة فى باطن الأرض ، ولبعض المناطق شهرة خاصة لوجود ينابيع حارة بها مثل « الينابيع الحارة » بولاية اركنساس و « يلوستون ناشيونال بارك » فى ويومنج و « لاسن فولكانيك ناشيونال بارك » فى كاليفورنيا (٣٩) ٠

وتحتوى مياه الينابيع المعدنية على كميات كبيرة من المواد المعدنية الذائبة ، التى قد تشمل كلوريد الصوديوم والكبريت وكبريتات المغنسيوم، وتحتوى بعض المياه على غازات مثل ثانى أكسيد الكربون او كبريتيد الهيدروجين (والأخير ذو رائحة منفرة) ٠

وتعتبر الفوارات حالات خاصة من الينابيع الساخنة التى تتفجر بصفة متقطعة (وقد سبق مناقشتها ببعض التفصيل فى الفصل الرابع)٠

الفعل الجيولوجى للمياه الجوفية :

تعتبر المياه الجوفية عاملا مؤثرا فى التحات والنقل والترسيب ، فهو يبرى الصخور بواسطة تأثيره الكيميائى ، ويتم نقل معظم حمولته

---

(٣٩) توجد عيون حارة فى بعض البلاد العربية مثل تلك التى فى بسكرة بالجزائر ولها شهرة علاجية ـ (المعرب) ٠

على شكل محلول ، ويحدث الترسيب غالبا عن طريق التبخر ويتخذ اشكالا عديدة ٠

التحات بفعل المياه الجوفية :

من الشائع أن يتحد ثانى اكسيد الكربون (من الهواء أو المواد العضوية المتحللة فى التربة) مع المياه الجوفية ليكون حامض الكربونيك، وتصبح المياه المحتوية على هذا الحامض عاملا مؤثرا قويا فى التحات ولاسيما فى المناطق التى توجد بها صخور رسوبية قابلة للاذابة ٠

وعندما يتخلل الماء الجوفى الصخور ، مثل الحجر الجيرى أو الدولوميت ، فان الصخور تذوب (جزئيا) ثم يتم نقلها على شكل محلول، وبالتالى فان صخر الأديم يمتلىء بالكهوف ويتخذ شكل خلية النحل ، كما تتكون فيه فتحات تشبه البالوعة وتراكيب تماثل القنطرة الطبيعية ، ويعرف سطح الأرض عندما تتخذ هذه الملامح باسم « تضاريس الكارست Karst » (وقد سمى على اسم منطقة كارست فى يوغوسلافيا وايطاليا) ، وفى الولايات المتحدة تكونت تضاريس الكارست فى أجزاء من كنتوكى وتينيسى وفلوريدا ٠

الكهوف :

تتكون الكهوف بتاثير الاذابة الذى تقوم به المياه الجوفية ، وذلك بتوسيع الشقوق مما يؤدى الى تكوين مجموعة من الأنفاق والمغارات (شكل ٧٩) ، ويتكون سقف الكهف فى العادة من صخر مقاوم لفعل الاذابة بالمياه الجوفية ٠

وقد اهتم الانسان منذ قديم الزمان بالمغارات (التى امدته بمكان يحميه) ، وفى يومنا هذا تجذب المغارات الشهيرة مئات الآلاف من السياح ، مثل « مغارات كارلسباد » فى نيومكسيكو ، « ومغارة المامبوث» فى كنتوكى « وكهوف لونجهورن » فى تكساس « وكهوف لوراى » فى فرجينيا (٤٠) ٠

البالوعـــات :

فى احيان قليلة تكون الكهوف والفجوات قريبة جدا من سطح الأرض ، وقد تنهار سقوفها فتترك فتحات مستديرة (أو شبه مستديرة)،

---

(٤٠) توجد كهوف عديدة فى الحجر الجيرى الايوسينى فى مصر قرب حلوان وشرق بنى سويف ـ (المعرب) ٠

وهـذه الفتحـات تسـمى « بالوعـات Sinkholes » وينتشر وجودها فى مناطق تضاريس الكارست ، وقد تنساب بعض المجارى المائية فى بعض البالوعات فتختفى فجأة تحت الأرض ولذلك تسمى « الأنهـار المفقودة »، وبعض البالوعات تصبح مليئة بالفتات الصخرى أو قد يتجمع فيها الماء مكونا بركة أو بحيرة ٠

القناطر الطبيعية :

تتكون القنطرة الطبيعية (شكل ٨٠) عندما ينساب مجرى مائى الى فتحة فى الصخر فينحت نفقا ثم يخرج من الناحية الأخرى على جرف أو منحدر ، وقد تنهار أجزاء من النفق ويتم حملها بعيدا وتبقى القنطرة شاهدا على سبق وجوده ٠

الترسيب بفعـل المياه الجـوفية :

عندما يصل الماء الجوفى الى حالة فوق التشبع بالمواد المعدنية المذابة فانه يضطر الى ترسيب جزء منها ، وقد يعزى الترسيب الى أحد هذه الأسباب : (١) زيادة درجة الحرارة، (٢) تناقص الضغط، (٣) فقدان الماء عن طريق البخر ، وسوف نناقش هنا بعض الملامح الترسيبية التى تكونها المياه الجوفية ٠

رسوبيات الينابيع :

تحتوى بعض المياه الجوفية على كميات كبيرة من المواد المذابة لدرجة أنها ترسب حمولتها بعد وصولها لسطح الأرض بوقت قصير ، ومثل هذه الرسوبيات تكون شرفات ومخاريط حول فتحات الينابيـع الساخنة والفوارات ، وتسمى المادة الجيرية التى تتكون بهذه الطريقة « ترافرتين » ، ويعرف الترافرتين عالى المسامية باسم « الطوفة الجيرية» وعندما تترسب المادة السيليسية حـول الينـابيع الحـارة تعرف باسـم « اللباد السيليسى » واذا ما ترسب حول عنق الفوارة سمى « جيزيريت Geyserite » .

رسوبيات الكهوف :

كما هو متوقع فان كثيرا من رسوبيات المياه الجوفية يتكون تحت سطح الأرض ، وتعتبر كربونات الكالسيوم التى على شكل ترافرتين من الرسوبيات كثيرة الانتشار ، كما توجد أيضا تركيزات من الجبس أو الملح الصخرى ٠

أما قطرات الماء المحملة بالكالسيت التى تسقط باستمرار من نفس النقطة فانها تنتج فى النهاية أجساما جيرية مدلاة من سقف الكهف تعرف باسم « الهابطات Stalactites » (شكل ٨١ ـ أ) ، أما الصاعدات « Stalagmites » فهى أجسام متصلة بأرضية الكهوف تتركب من كربونات الكالسيوم وتنشأ على قاع الكهف عند المكان الذى تسقط فيه قطرات الماء من أحد « الهابطات » (شكل ٨١ ـ ب) ، وقد تتصل كل من الصاعدات والهابطات لتكوين «الأعمدة » (شكل ٨١ ـ ج) ٠

الالتحـــام :

تلعب المياه الجوفية دورا مهما فى التحام (تسمنت Cementation) حبيبات الصخر ، ويحدث هذا عندما تترسب المواد المعدنية التى تحملها المياه الجوفية بين الحبيبات السائبة فتلصقها ببعضها ، وبهذه الطريقة يتحول الرمل السائب الى حجر رملى متماسك عندما تترسب السيليكا بين حبيبات الرمل ٠

الدرنـــات :

تتكون الدرنة Concretion عندما تترسب بعض المعادن من المياه الجوفية وذلك حول نواة مثل احدى أوراق الأشجار (شكل ٨٢) ، أو حول صدفة أو حصنوة أو أى جسم آخر ، وقد تتخذ الدرنات أشكالا عديدة كما قد تتراوح فى الحجم من صغيرة الى كبيرة ٠

الجيودات :

يسمى الفراغ الكروى أو شبه الكروى الذى يمتلىء جزئيا أو كليا ببلورات معدنية تتجه أطرافها للداخل باسم « الجيود Geod » أو « الدرجيل الصخرى » ، وبالرغم من أن الجيودات تتكون فى جوف الأرض فان تلك التى نراها عند السطح تنتج فى العادة من عدة مراحل متتابعة كالتالى : (أ) تكوين طفلة صفحية أو حجر جيرى ، (ب) حدوث فجوة كروية فى الصخر ، (ج) ترسيب مواد معدنية فى الفجوة بفعل محاليل المياه الجوفية ، (د) عملية تحات تؤدى الى كشف الجيود على سطح الأرض ٠

رواسب الشقوق او العروق (٤١) :

عندما يرسب الماء الجوفى فوق المشبع حمولته فى الشقوق الصخرية تتكون عروق معدنية ، وبعض هذه العروق Veins يحمل احيانا تركيزات من معادن فلزية قد تحتوى على الذهب أو الفضة أو النحاس ٠

الاحلال أو التحجر :

هو العملية التى يذيب فيها الماء الجوفى نوعا من المواد ويرسب مكانها نوعا آخر ، فان كانت المادة الأصلية عضوية فاننا نقول انها تحجرت Petrified ، وعلى سبيل المثال يتم احلال المادة العضوية فى خلايا خشب الأشجار بمادة السيليكا وينتج « الخشب المتحجر » (انظر الفصل التاسع عشر) (٤٢) ٠

المياه الجوفية والاحتياجات البشرية :

يفيد الماء الجوفى الانسان فى مجموعة من الأمور ، فهو حيوى للزراعة لأن بعض النباتات تحتاج الى كميات كبيرة من الماء عن طريق امتصاصه من التربة بواسطة الجذور ، وفى المناطق الجافة لا يمكن زراعة اية محاصيل الا بمساعدة الرى بالمياه الجوفية المستخرجة من الآبار ٠

وتعتمد الصناعة أيضا على وجود الماء ، ويستخدم جزء كبير من الماء السطحى فى الأغراض الصناعية ، ولكن اذا لم يكن الماء السطحى متاحا فانه يجب الاستعانة بالمياه الجوفية ٠

ويمكن أن تسبب متطلبات الصناعة الثقيلة نضوبا فى امدادات المياه الجوفية الثمينة ، كما يحدث تلوث للمياه الجوفية فى بعض المناطق بسبب الصناعة ، وفى مناطق أخرى يسبب السحب السريع لكميات متزايدة من المياه الجوفية هبوطا فى سطح الأرض ، وقد يؤدى هذا الى حدوث أضرار للمنشآت التى على سطح الأرض كما قد يعرض اماكن أخرى لفيضانات تؤدى الى كوارث ٠

---

(٤١) يطلق مصطلح العروق فى العادة على الرواسب المعدنية والمعادن التى تكونت بفعل محاليل حارة صاعدة الى أعلى ، لكن المؤلف توسع فى استخدامها لتشمل انواعا من رسوبيات المياه الجوفية أيضا ـ (المعرب) ٠

(٤٢) توجد آثار غابة من الخشب المتحجر قرب طريق حلوان بالقاهرة ـ (المعرب) ٠

ويمكن أن يتلوث الماء الجوفى بسبب نشاطات انسانية مثل التخلص من النفايات أو المواد الكيميائية السامة ، ويمكن اختيار اماكن آمنة للتخلص من هذه النفايات عن طريق الدراسة الماهرة لظروف تواجد المياه الجوفية وعلاقتها بالصخور المحيطة (شكل ٨٣) ٠

وقد أصبح البحث عن المياه الجوفية علما قائما بذاته ، وفى كل من الحكومة المركزية للولايات المتحدة وحكومات الولايات نجد علماء متخصصين فى دراسة المياه (أى « الهيدرولوجيين ») ، الذين يبحثون باستمرار عن طرق جديدة لاكتشاف المياه وحفظها ، اذ أن الماء الجوفى هو أحد أهم المصادر الطبيعية الرئيسية (٤٣) ٠

---

(٤٣) فى كثير من البلاد العربية تعتمد المناطق الصحراوية على الماء الجوفى بصفة أساسية ـ (المعرب) ٠

الفصل الحادى عشر

المثالج والفعل الجيولوجي للجليد

المثـــالج Glaciers هى كتـل ضـخمة من الجليـد الأرضى تتحرك ببطء ، وقد تكونت من اعادة تبلور ندف الثلج ، وفىأحد الأزمنة السابقة احتلت هذه الأجسام الجليدية الضخمة التى تتحرك ببطء ما يصل الى ٣٠٪ من مساحة سطح الكرة الأرضية ، ولكنها تغطى الآن ما يزيد قليلا عن ١٠٪ من سطح الأرض ٠

وقد حدثت فترات جليدية عدة مرات خلال تاريخ الأرض ، على أن العصر الجليدى الكبير فى فترة البليستوسين (الفصل الثانى والعشرون) قد امدنا بأوضح وأحدث سجل للنشاط الجليدى ، فخلال هذا الزمن غطت ملاءة جليدية ضخمة أجزاء كثيرة من كندا وشمال أوربا والجزء الشمالى من الولايات المتحدة (شكل ٨٤) ، ومنذ ١٠ الى ١٥ الف ســنةمضت تقهقرت الملاءة الجليدية الأخيرة من الولايات المتحدة ، ولكنها قبـــل اختفائها كانت قد وصلت جنوبا حتى مدينة سان لويس (٤٤) وغطت حوالى ١٣ مليون كيلومتر مربع ٠

واثناء الفترات الجليدية تحدث تغيرات فيزيائية وبيولوجية هائلة فى منطقة التثلج ، وخلال زمن البليستوسين انخفض مستوى البحر لتجمد المياه على شكل جليد مثلجى ، وعندما بدأت المثالج فى الانصهار عادت مياه كثيرة الى البحر مما أدى الى رفع مستوى سطحـــه ، وبالاضافة للتغيرات التى حدثت لسطح البحر فان هناك دلائل كثيرة

---

(٤٤) احدى مدن ولاية ميسورى وتقع فى وسط الولايات المتحدة تقريبا ـ (المعرب)٠

تبين أن القشرة الأرضية قد هبطت أو تقوست تحت الوزن الكبير للملاءات الجليدية ، وقد حدثت تغيرات أخرى تشمل تكوين بحيرات ومستنقعات جديدة (مثل البحيرات العظمى) كما شملت تغير مجارى الأنهار وهجرة النبات والحيوانات عندما أصبح المناخ باردا ٠

ومن المفيد أن نعرف الآن تأثيرات الجليد سواء فى الماضى أو الحاضر ، ونعلم أكثر عن دور هذه الكتل الجليدية فى تشكيل سطح الأرض خلال التاريخ الجيولوجى ٠

كيفية تكون الثالج :

فى المناطق التى يكون فيها سقوط ندف الثلج غزيرا بدرجة كافية ، والمتوسط السنوى لدرجة الحرارة منخفضا ، فان الثلج يبقى على سطح الأرض طول العام ، أما فى المناطق ذات المناخ المعتدل أو الحار فيقتصر وجود الثلج طوال العام على قمم الجبال العالية فقط ، ومن جهة أخرى نجد أنه فى المناطق المتجمدة تتغطى كل الأراضى (حتى التى تقع فى مستوى سطح البحر) بالثلج والجليد على الدوام ، ويعرف الحد الأدنى لوجود الثلج الدائم باسم « خط الثلج Snow Line » ، ويتم تحديد خط الثلج بحسب خطوط العرض ، ويصبح وجود خط الثلج عند مستويات أقل ارتفاعا عند خطوط العرض الكبيرة القريبة من القطبين ، وعلى سبيل المثال فانه عند خط عرض ٩٠ درجة شمالا (أى عند القطب الشمالى) يكون خط الثلج عند مستوى سطح الأرض ، أما عند خط الاستواء (خط عرض الصفر) فيقع خط الثلج عند مستوى يصل الى ٥٥٠٠ متر فوق سطح البحر ٠

وفى المناطق التى تقع فوق خط الثلج نجد تراكمات ثلجية تعرف باسم حقول الثلج Snow Fields وهنا تولد الثالج ، فعندما يتجمد الثلج ويصير أكثر اندماجا فانه يتحول الى حبيبات ثلجية كروية تعرف باسم « الجمد الثلجى الحبيبى Firn, Névé » وعندما يتغطى ثلج هذا الجمد بثلج لاحق فانه ينضغط بالتدريج حتى يندمج الجزء الأسفل من حقل الثلج ويصبح كتلة كبيرة من الجليد ، وفى النهاية تحدث عدة تغيرات للجمد حتى يتحول كله الى جليد مثلجى ، وعند تراكم هذا الجليد المثلجى بدرجة كافية فان قوة الجاذبية الأرضية تحركه ببطء الى أسفل المنحدرات ٠

انواع المثالج :

يقسم الجيولوجيون المثالج الى ثلاث مجموعات : (١) مثالج الوديان او المثالج الألبية ، (٢) مثالج السفوح ، (٣) ملاءات الجليد أو المثالج القارية ٠

مثالج الوديان :

وتعرف ايضا باسم المثالج الالبية او مثالج الجبـال ، وتتولد مثالج الوديان فى حقول الثلج عند منابع الوديان بين الجبال ، وتقتفى حركتها الانزلاقية الوديان التى سبق أن نحتتها أنهار قديمة والتى قد تمتلىء احيانا بين ضفتيها بأنهار من الجليد المثلجى ، وتتراوح مساحة سطح مثالج الوديان من بضع مئات من الأمتار المربعة الى عدة كيلومترات مربعة ، كما قد يتراوح طولها من عدة مئات من الأمتار الى اكثر من ١٢٠ كيلو مترا ، وتوجد مثل هذه المثالج فى جبـال الألب والهيمـالايا وروكى وسيرانيفادا وكاسكادا ، ويشتهر جبل « راينير » فى ولاية واشنطن بالمثالج الكثيرة التى تنزلق على منحدراته ٠

مثالج السفوح :

احيانا نجد أن اثنين او اكثر من مثالج الوديان قد برزا من وديان جبلية مجاورة الى السهول السفلية ، وفى هذه الحالة تتحد الأطراف السفلية لهذه المثالج لتكون كتلة دائرية عريضة من الجليد تعرف باسم « مثلجة السفح » ، واحدى المثالج المدروسة جيدا من هذا النوع هى « مثلجة مالاسبينا » فى الناحية الغربية من « خليج ياكـوتات » فى الاسكا ، وتغطى مثلجة مالاسبينا مسافة تقدر بحوالى ٤ آلاف كيلومتر مربع ، وقد تكونت من اتحاد عدد من مثالج الوديان التى انزلقت على منحدرات جبل « سان الياس » المجاورة ٠

ملاءات الجليد أو المثالج القارية :

تعرف كتل الجليد الشاسعة التى تشبه المـلاءة والتى تغطى مساحات كبيرة من سطح الأرض باسم « ملاءات الجليد Ice Sheets » أو المثـالج القـارية Continental Glaciers » (وتسـمى المـلاءة الجليدية الصغيرة والمحدودة نسبيا باسم «القلنسوة الجليدية Ice Cap ») وهذه المثالج سميكة جدا فى العادة وتمتد للخارج من نقطة مركزية حتى تغطى جزءا كبيرا من القارة بما فيه من أجزاء مرتفعة أو منخفضة ،

وفى أحيان قليلة قد تبرز قمة جبلية معروفة فوق سطح المثلجة وتعرف باسم « نوناتاك Nunatak » (وهذه التسمية وضعها أهل الاسكيمو) ٠

وأكبر ملاءة جليدية فى العالم هى التى تغطى القارة القطبية الجنوبية وتصل مساحتها الى ضعف مساحة الولايات المتحدة كما يصل سمك هذه الكتلة الجليدية فى بعض الأماكن الى ٣٠٠٠ متر ، كما أن ملاءة الجليد فى جزيرة جرينلاند كبيرة نسبيا وتصل مساحة سطحها الى حوالى ١٫٧٠٠٫٠٠٠ كيلومتر مربع والحد الأقصى لسمكها حوالى ٣٣٠٠ متر ٠

حركة المثالج :

تبدو المثلجة للنظرة غير المدققة وكأنها كتلة جليدية ثابتة ، والواقع أن المثلجة تتحرك مثل مياه النهر ولكنها شديدة البطء ، ويتراوح معدل حركتها اليومى من ٢ سنتيمتر الى حوالى ٣٠ مترا (وتحدث الحالة الأخيرة فى ظروف غير عادية) ، وتشمل العوامل التى تؤثر على معدل حركة المثلجة : (١) حجم المثلجة (كلما كانت أكثر سمكا كانت حركتها أسرع) ، (٢) تضاريس وانحدار سطح الأرض ، (٣) درجة الحرارة (تتحرك المثلجة بمعدل أسرع كلما ارتفعت درجة الحرارة) ، (٤) كمية الماء غير المتجمد فى المثلجة ٠

ومازالت طبيعة حركة المثالج غير مفهومة تماما اذ تبدو لنا عملية معقدة ، وبوجه عام يبدو أن المثالج تتحرك لأن الجاذبية الأرضية والضغط الناتج من وزن الجليد المتراكم يؤثران على الجليد فى المستويات السفلية من المثلجة فيصبح قابلا للتشكيل (أى بلاستيكيا) ومعرضا للانسياب البطىء ، ويقال للجليد الذى فى أسفل جزء من المثلجة انه أصبح « فى نطاق الانسياب » بينما يحتل الجليد الذى فى أعلى المثلجة « نطاق الكسر » (شكل ٨٥) ، وبالاضافة الى ذلك فان الفترات المتبادلة من الانصهار واعادة التجمد تسبب توالى انكماش وتمدد الجليد مما يسهل حركة المثلجة ٠

وقد تشبه حركة المثلجة حركة الماء فى المجارى المائية فى أن المثلجة تتحرك بسرعة أكبر فى الوسط عن سرعتها فى الجوانب ، كما أنها أسرع فى القمة عنها فى قاع المثلجة ، وذلك لأن الاحتكاك مع جوانب المثلجة وقاعها يؤخر من حركتها ، ولأن المثلجة تتبع الطريق الملتوى لواديها وتمر على القاع غير المنتظم للوادى فقد يؤدى الشد الى تكوين

الكسور فى الجليد الهش سريع القصف فى « نطاق الكسر » ، وهذه الكسور تكون « الشقوق الجليدية Crevasses » (شـــكل ٨٥) التى قد يصل طول بعضها الى مئات الأمتار ، وقد تختفى الشقوق تحت قشرة رقيقة من الثلج التى قد تتحطم تحت أقل ضغط ، ولهذا السبب فانها مصدر خطر دائم للمسافرين على سطح المثالج ٠

وتستمر حركة المثالج حتى تصل الى المنطقة حيث ينصهر الجليد بتأثير الهواء الدافىء بسرعة تتناسب معتقدم المثلجة ، ثم تثبت حركة واجهة الجليد ، وفى النهاية تتقهقر المثلجة اذا ذاب الجليد بسرعة أكبر من حركته الأمامية ٠

وتستمر حركة الكثير من المثالج حتى تصل الى البحر حيث تنفصل أجزاء كبيرة منها لتكون جبال الجليد العائمة ، والتى تستمر فى الطفو ثم تنصهر فى النهاية بمجرد وصولها الى مناطق المياه الدافئة ٠

الفعل الجيولوجى للمثالج :

مثل كل العوامل الجيولوجية الأخرى يشمل عمل المثالج التحات والنقل والترسيب ، وتسمى هذه العوامل مجتمعة « التثلج Glaciation » .

التحات بفعل المثالج :

لقوة التحات بالمثالج فعل كبير اذ أن اجساما قليلة تتمكن من اعاقتها عندما تشق طريقها فى وديانها أو تكتسح المعالم الظاهرة على سطح الأرض حتى تغطى كل القارة ، ويتم التحات بالمثالج خلال العمليات التالية : (١) النزع أو الاقتلاع ، اذ تتمكن المثلجة من زحزحة أو التقاط الشظيات البارزة من صخر الأديم ، (٢) البرى : تحدث الكتل التى نزعها الجليد مع باقى الفتات الصخرى خدشا وصـــقلا لصخر الأديم الذى تمر فوقه المثلجة ، (٣) الدهس أو الانزلاق : تندفع المواد السائبة فى مقدمة المثلجة أو قد تسقط المواد الصخرية من جانبى الوادى وتستقر على قمة الجليد ٠

التحات بفعل مثالج الوديان :

تعتبر مثلجة الوادى عاملا مؤثرا فى التحات وتغير كثيرا من شكل المنطقة التى تحتلها ، وتنشأ مثالج الوديان فى « المنخفضـات المثلجيـة Cirques » وهى منخفضـات كبيـرة شـبه مسـتديرة تنشـأ بواسطة تعميق وزيادة سعة منطقة المنبع للوادى الجبـلى وعندما تنشأ عـدة،

منخفضات مثلجية فى وضع متجاور فان الحيود أو الحواف الفاصلة بينها تصبح حادة جدا ومحزوزة وتشبه بذلك نصل السكين وتسمى « الحيود المثلجية Arêtes » ، وعندما يحدث تحات لمنخفضين فى وضع متقابل فانهما يحدثان فجوة فى الجليد الذى بينهما تسمى « الكولة » أو « الممر » ، كما يتكون « القرن » فى المراحل المتأخرة من تكوين المثالج عندما تختزل قمم الجبال (التى كانت موجودة قبل التثلج) الى قمم معزولة تشبه القرون ، وعندما ينصهر جليد المثلجة فان المنخفض المثلجى يمتلىء بالماء ليكون « بحيرة جبلية Tarn » ، وبعض هذه المعالم موضح فى (شكل ٨٦) .

ويبدو أكبر تأثير لمثالج الوديان فى الوديان التى تحتلها ، ويتغير شكل هذه الوديان بطرق عديدة عندما تسحج المثالج جوانب الوديان وتصقل أرضها ، وعندما تنزلق المثالج فى وديان شابة فانها تصبح أكثر عرضا وعمقا ويتغير مقطع هذه الوديان من شكل يشبه حرف V الى ما يشبه حرف U (شكل ٨٧) ، وبالاضافة الى ذلك فان جوانب الوادى وأرضه تصبح مخدوشة ومحزوزة ومصقولة بواسطة فتات الصخور الذى يحمله جليد المثلجة ، وتسمى العلامات الناتجة « الخطوط المثلجية » فى حالة الخدش و « الحزوز المثلجية » اذا ما كانت الخدوش عميقة ، أما الصخور التى كانت ناتئة فى قاع الوادى فتصبح مستديرة وناعمة لتكون « روش موتونيه Roches moutonnées »(شكل ٨٨ ـ ١) وهو مصطلح فرنسى يعنى « صخرة الخروف » ، وبالاضافة الى ذلك فان جزءا كبيرا من أرضية الوادى (الذى تمر عليه المثلجة) يصبح مجروشا على شكل مسحوق يسمى « الطحين الصخرى Rock Flour » .

ويتأثر الوادى المثلجى الرئيسى (ويعرف أيضا بالغور المثلجى) بالتحات بدرجة أعمق من تأثر الوديان الفرعية أو الجانبية التى تؤدى اليه ، وهكذا فانه عندما تنصهر المثالج فان هذه الفروع تبقى معلقة عاليا بالنسبة للوادى الأساسى ، وتعرف وديان هذا النمط باسم « الوديان المعلقة » ، أما مجارى المياه التى تنساب خلالها فانها تصبح مساقط للمياه شديدة الانحدار وذلك عندما تصب فى الوديان الرئيسية الأكثر عمقا ، وتعتبر « مساقط يوزيميت » فى ناشيونال بارك (بالولايات المتحدة) نموذجا مثاليا لهذا النوع من المساقط ، والواقع أن « وادى يوزيميت » فى كاليفورنيا هو أحد المناطق المغطاة بالمثالج منذ القدم فى العالم أجمع ، وفيه نرى أمثلة بارزة لمعظم نواتج تثلج الوديان .

وعندما تنساب المثلجة بين الجبال فى طريقها الى البحر فقد يحفر الجليد واديا تحت مستوى سطح البحر ، وعند انصهار المثلجة فان البحر يغزو الوادى مكونا أحد « الفيوردات Fiords » ، وهى الأذرع البحرية الضيقة العميقة ذات الجوانب شديدة الانحدار التى تميز شاطىء النرويج ٠

التحات بواسطة ملاءات الجليد :

بسبب السمك الكبير للملاءات الجليدية وامتدادها الشاسع فانها قد تغطي معظم ملامح سطح الأرض ، وبذلك تتعرض الجبال والتلال والوديان للتحات بالمثالج ، وتحت الجليد تتعرض الكتل الصخرية لاقتلاع الأحجار منها وللخدش والحز كما يدل عليها وجود الخطوط المثلجية وصخرة الخروف ، وقد يتكون « الدروملين Drumlins » بفعل الملاءات المثلجية وهو تل بيضاوى تحده المجارى المائية ويكون موازيا لاتجاه حركة الجليد (شكل ٨٨ ــ ب) ٠

وبوجه عام فان الملاءات الجليدية القارية تسبب نعومة سطح الأرض ، وذلك بازالة الأجزاء الخشنة التى قد تعوق حركة الجليد ، كما تزيل التربة وصخر الدثار (اى الصخر السائب والتربة) من مناطق واسعة ٠

النقل بالمثالج :

للمثالج القدرة على حمل كميات كبيرة من المواد الصخرية ، وقد يكون حجم بعض هذا الفتات الصخرى كبيرا ، وبالتالى فان حمولة المثلجة سوف تشمل طحينا صخريا دقيق الحجم وجلاميد ضخمة وكذا كل الأحجام الصخرية بين هذين النوعين ٠

ويتم نقل كثير من هذه المواد على قمة المثلجة فتتكون بذلك « الحمولة فوق المثلجية » ، أما المواد المجمدة فى داخل المثلجة فتسمى « حمولة بطن المثلجة » أما « الحمولة تحت المثلجية » فتتكون من الصخور والتربة التى تحملها المثالج قرب قاع الكتلة الجليدية ، وهذه الحمولة الأخيرة هى المسئولة عن الفعل السحجى للمثلجة ٠

وتحمل مثالج الوديان على سطحها كميات أكبر من المواد بالمقارنة بما تحمله ملاءات الجليد أو المثالج القارية ، وذلك لأن كثيرا من الفتات

الصخرى يسقط من جوانب الوادى ويتجمع على قمة المثلجة ، وبالاضافة الى ذلك فان الجليد المتقدم يدفع أمامه جزءا من الحمولة ٠

وتتميز ملاءات الجليد بالسمك الكبير لدرجة انها تحمل جزءا ضئيلا من الفتات كحمولة فوق مثلجية ، ولهذا فان هذه الملاءات لا تتمكن من نقل مواد صخرية كثيرة كالتى تنقلها مثلجة الوديان ، ومعظم الحمولة تتجمد عند قاع الملاءة الجليدية أو يحملها الجليد أمامه ٠

الترسيب من المثالج :

كما لاحظنا سابقا فان حمولة المثلجة تتكون من فتات وطحين صخرى على شكل خليط غير منتظم بدون أى تصنيف حجمى أو وزنى أو تركيبى ، وعندما ينصهر الجليد يسقط الفتات مكونا أنواعا مختلفة من الرواسب تسمى « المنجرفات المثلجية Glacial Drifts » ويوجد نوعان من هذه المنجرفات : « الحريث الجليدى Till » ، وهى منجرفات مثلجية لا يوجد بها أى تطبق أو تصنيف ، اذ لم تؤثر عليها المياه لكنها ترسبت مباشرة من الجليد ، ثم « رسوبيات الاكتساح Outwash » أو المنجرفات الطبقية ، وهى تتكون من مواد مصنفة ومرسبة فى طبقات محددة بفعل الماء المنصهر من الجليد ٠

الرسوبيات غير الطبقية أو الحريث الجليدى :

وهذه ترسبت مباشرة من الجليد ، وتتكون رسوبيات الحريث من فتات صخرى ذى حبيبات لها أحجام مختلفة ومعظمها مصقول أو به خطوط مثلجية ، وتكون رسوبيات الحريث الجليدى تضاريس تعرف باسم « الركام الجليدى Moraines » الذى يتكون من جيود أو روابى من الجلاميد والحصى والرمال والطين والتى ترسبت من مثلجة ، وتوجد أنواع مختلفة من الركام الجليدى ويسمى كل نوع منها حسب علاقته بالمثلجة ، فالركام « الطرفى أوالنهائى » هو رابية من الحريث الجليدى تكونت عند نهاية المثلجة ، وتعطى الركامات الجليدية دليلا على الوضع السابق لواجهة الجليد ، أما « الركام التراجعى » فهو رسوبيات من الحريث تركتها المثلجة عند نقاط مختلفة أثناء تراجعها أو استقرارها المؤقت ، وتسمى الرسوبيات غير المنتظمة للحريث والمترسبة من المثالج التى تنصهر أثناء تراجعها « الركام الأرضى » ، وقد يتكون الدروملين على سطح الركام الأرضى ٠

وكل أنواع الركام المذكورة سابقا هى من خصائص كل من ملاءات الجليد ومثالج الوديان ، وينتج من مثالج الوديان نوعان من الركام

لا تنتجهما ملاءات الجليد ، اذ تعطى مثالج الوديان « ركاما جانبيا » وهو حرف أو حيد يتكون على جانبى مثلجة الوادى ، ويتكون من مواد ناتجة من تحات جانبى الوادى (أو سقطت على سطح المثلجة من جانبى الوادى) ثم حملها الجليد معه (شكل ٨٩ ــ ١) ، وعندما تتصل مثلجتان من مثالج الوديان لتكونا نهرا جليديا واحـــدا فان الركامين الجانبيين يتحدان ليكونا ركاما واحدا يعرف باسم « الركام الوسطى » (شكل ٨٩ ــ ب) .

الجلاميد الضالة Erratics :

هى أحجار كبيرة نقلتها المثالج وتختلف فى التركيب عن صخـــر الأديم الذى تحتها ، وقد وجدت جلاميد ضالة (يصل وزن الجلمود الواحد منها عدة أطنان) على بعد مئات الكيلومترات من الصخر الأصلى الذى تفتت منه ، وعندما نجد خطا طويلا من الجلاميد الضالة جاءت من نفس المصدر فان هذا يسمى « رتل الجلاميد Boulder Train » .

الرسوبيات المثلجية الطبقية أو رسوبيات الاكتساح :

وهى مواد صخرية ترسبت بفعل أنهار تكونت من انصهار المثالج ، وهذه الرسوبيات التى صنفتها الأنهار تعرف أيضا باسم « الرسوبيات المثلجية النهرية » ، وقد تتخذ عدة أشكال ، وسوف نناقش هنا بعضا من رسوبيات الاكتساح الأكثر أهمية .

سهول الاكتساح :

هى رسوبيات متسعة لها شكل المروحة ، وتتكون من منجرفات دقيقة ترسبت فى مقدمة المثلجة ، وهى تميز ملاءات الجليد ، أما فى حالة مثالج الوديان فان معظم رسوبيات الاكتساح التى تتركها المثالج على أرض الوادى تكون ما يسمى « رتل الوادى Valley Trains » .

الضـــلوع :

هى حيود طويلة ملتوية من منجرفات طبقية تشبه جسور السكك الحديدية ، ويبدو أن هذه المواد ترسبت فى أنفاق الجليد بواسطة أنهار كانت تجرى خلال قاع المثلجة ، وبالرغم من أن طول الضلوع قد يصل الى كيلومترات عديدة وارتفاعها من ثلاثة حتى ثلاثين مترا الا أن سمكها لا يتعدى أمتارا قليلة .

الكـــامات :

(ومفـــردها كامة Kame) هى تـــلال صـــغيرة (من منجـــرفات

طبقية) ذات جوانب منحدرة وقمم مستوية ، وتتكون من مواد تجمعت فى منخفضات دائرية فى المثلجة ، و « ارصفة الركامات » هى رسوبيات طبقية من الرمل والجرول تكونت بين جانب بقايا احدى المثالج وجانب الوادى الذى تتصل به ٠

القـــــدور :

(ومفـردها قـدر Kettle) : هى منخفضات قد يصل طولهـا الى كيلومتر ونصف وعمقها الى ثلاثين مترا ، وهى تحدد المكان الذى سبق أن دفنت فيه كتلة من الجليد (تخلفت من مثلجة متراجعة) فى رسوبيات الاكتساح ، وعندما انصهرت كتلة الجليد بقى القدر الذى هو الفراغ الذى كانت تشغله (شكل ٩٠) ٠

اسباب وجود أزمنة الجليد :

ما هو السبب فى وجود فترات جليدية فى الزمن الجيولوجى ؟

من المؤسف ان الجيولوجيين لم يجدوا للآن اجابة شافية لهـذه المسالة المعقدة ، ومع ذلك فان دراستنا لسجل النشاط المثلجى فى الماضى وملاحظاتنا على كثير من المثالج الموجودة الآن قد أعطت عدة نظريات عن السبب الحقيقى للنشاط المثلجى ، وسوف نذكر باختصار عددا قليلا من العوامل التى يعتقد الجيولوجيون أن لها علاقة بالموضوع ٠

١ ـ تزايد ارتفاع سطح الأرض :

يبدو أن فترات الجليد تتوحد مع الأزمنة التى تكون فيها القارات مرتفعة ، وبذلك تسود درجات الحرارة المنخفضة على المرتفعات العالية ، وأى هبوط فى المتوسط السنوى لدرجة الحرارة قد يسبب حدوث فترة جليدية تستمر لزمن ما ٠

٢ ـ التغير فى كمية الحرارة التى تصل من الشمس :

فالشمس هى مصدر الطاقة الحرارية لسطح الأرض ، ومن المعروف أن كمية الطاقة المتولدة عن هذا المصدر قد تأرجحت فى حدود ٣٪ خلال الأربعين سنة الأخيرة ، ورغم أن هذا التغير غير كاف لأن يكون سببا فى تكوين المثالج فانه من المحتمل حدوث تذبذبات أوسع مدى فى خلال الزمن الجيولوجى ، كما انه من الجائز أن حدوث تغيرات فى الطاقـة الشمسية التى تصل لسطح الأرض يرجع الى تكون سحاب من الغبـار البركانى فى بعض الأحيان ، أو ربما اختلف مدار الأرض حول الشمس عما هو الآن مما سبب حدوث فصل شتاء طويل بارد ٠

٣ ـ تغير نسبة ثانى اكسيد الكربون وبخار الماء فى الغلاف الجوى :

هناك دلائل قوية تشير الى أن كلا من ثانى اكسيد الكربون وبخار الماء يعملان على احتفاظ الأرض بالحرارة التى تصل من الشمس ، وقد يسبب أى تناقص فى هاتين المادتين تسربا لجزء كبير من الحرارة عن طريق الاشعاع الحرارى مما ينتج عنه حدوث مناخ أكثر برودة ، وفى المناطق المرتفعة يحدث نقص فى بخار الماء فى الغلاف الجوى وبذلك يحدث تسرب حرارى كبير ٠

٤ ـ النزوح القارى :

أعطت نظرية تكتونية الألواح (الفصل الثانى) دلائـل على أن نزوح القارات قد وضعها فى أماكن قريبة من أحد القطبين مما ساعد على تكوين المثالج ٠

وبالاضافة الى ما سبق فان هناك عوامل أخرى مثل فترات تزايد النشاط البركانى وزيادة كمية الغبار الكونى فى الفضاء وانصهـار قلنسوة الجليد عند القطبين وتغيرات فى أنظمة تيارات المحيطات ، وأى من هذه العوامل قد يكون سببا محتملا لحدوث المثالج ٠

الفصل الثانى عشر

تبدد الكتل والتحات بالرياح

حركة كتل الصخور والتربة :

تحدث حركة الكتل (أو تبدد الكتل Mass Wasting أو التصحر) عندما تنزلق المواد الترابية على المنحدرات بفعل الجاذبية الأرضية ، وهذا النوع من التحات قابل للحدوث فى المناطق التى يكون انحدارها كافيا لكى يسمح بانزلاق الفتات الصخرى ٠

اسباب حركة الكتل للمواد الترابية :

تنحدر كل السطوح الأرضية بدرجة ما ، وتعتمد قدرة أى انحدار على مقاومة الجاذبية الأرضية فى الأغلب على القدرة على التماسك أو متانة المواد الترابية التى تكونه ، وسوف نناقش فى الجزء التالى بعض العوامل التى تساعد الجاذبية فى التغلب على هذه المقاومة ٠

المـــــاء :

رغم ان تبدد الكتل يمكن أن يحدث لأى من المواد الرطبة أو الجافة الا انه من المتعارف علية أن الماء يسهل عملية الانزلاق لأسفل ، فهو يزيد من ليونة الطين فيجعله زلقا ويزيد من وزن الصخور ، وفى حالة وجود كميات كبيرة من الماء فانه يبعد حبيبات الصخور عن بعضها ويقلل بذلك من تماسك التربة ٠

التجمد والانصهار :

عندما يتجمد الماء الموجود فى الصخور والتربة فانه يتمدد ، وعندما تتوالى عمليات تجمد الماء وانصهاره فان هذا يسبب تفكك الصخور ، وفى بعض الأحيان يكون تمدد الثلوج كبيرا لدرجة انها تدفع الصخور

للانزلاق الى سفوح التلال ، وأقوى ما يكون هذا التأثير عند الارتفاعات الكبيرة حيث يحدث التمدد والانصهار بصفة يومية ٠

النحر السفلى :

ويحدث بفعل الأنهار أو عمليات الحفر التى يجريها الانسان ، مما قد يزيل الدعامات ويسبب سقوط المواد التى تعلوها ٠

النشاط العضوى :

الحيوانات التى تمشى على سطح الأرض (مثل الأبقار أو الغزلان) قد ترفس قطع الصخور فتسقط أسفل التلال ، أما الحيوانات الحفارة فانهـا تخرج فتـات الصخور والتربة من جحورها فيتكوم على سفوح التلال ٠

الموجات التصادمية :

تؤثر التذبذبات القوية (التى تسببها الصدوع أو انفجـارات الالغام أو وسائل النقل الثقيلة) على الصخور مما يجعلها تنزلق أسفل المنحدرات ، وأحد الأمثلة لذلك هو الانزلاق الأرضى الذى حـدث فى « يلوستون ناشيونال بارك » بالولايات المتحدة فى أغسطس ١٩٥٩ م ، وهذه الحركة الكتلية للمواد الصخرية التى دفنت ٨٢ شخصا من سكان الخيام كانت نتيجة مباشرة لحدوث زلزال ، وكان الزلزال بمثابة ضغط على زناد أدى الىحدوث الحركة الكتلية ٠

أنواع حركة الكتل :

قد تحدث حركة الكتل فجـأة ، وقد يصحبهـا عنف (كما فى الانزلاقات الأرضية) ، وقد تكون غير محسوسة كما فى حالة زحـف التربة ، وسوف نناقش الآن الأشكال المختلفة للحركات السريعة والبطيئة للكتل ٠

الحركات السريعة :

تنتج معظم الحركات السريعة للصخور بسبب قوى عملت على اضعـاف صخـر الدثار (أى الصخر السائب والتربة) على المـدى الطويل ، وسوف نورد الآن وصفا لبعض الأنماط الشائعة للتبدد السريع للكتل ٠

الركـــــام : Talus

ويتكون من شظايا صخور (سبق أن تعرضت للتجوية) تكومت على سفح جرف أو جبل ، وقد ينمو الركام بالتدريج كلما أزيح فتـات الصخر المجوى من جهة الجرف وتدحرج منحدرا لأسفل ٠

الانزلاق الأرضى :

تعتبر الانزلاقات الأرضية من أعظم المظاهر العنيفة لحركات الكتل ، وتتميز بحركة مفاجئة لكميات ضخمة من الصخر والتربة التى تنحدر الى أسفل ، وتحدث مثل هذه الحركات عادة على المنحدرات الشديدة التى تتراكم عليها تجمعات كبيرة من المـواد المجـواه ، وقد ينز الماء (الذى مصدره المطر أو الثلوج) فيصل الى كتلة الصخور المفتتة على المنحدرات الشديدة ويسبب زيادة ثقلها مما يؤدى الى بدء انزلاق الكتلة بكاملها ، وتعرف الحركة السريعة للثلوج مع بعض الصخور والتربـــة باسم « الهيار الثلجى Avalanches » ، أما « انزلاق الصخر » فهو نوع مخرب من الانزلاقات الأرضية التى تشمل حركة صخر الأديم وصخر الدثار معا ٠

وقد سجلت تقارير كثيرة عن حدوث انزلاقات أرضية مخربة خلال العصر الحديث ، وقد حدثت احدى هذه الكوارث المعروفة قرب مدينة « فرانك » بولاية البرتا بكندا ، ففى عام ١٩٠٣ م انهـــارت كتلة من الصخور يبلغ حجمها ٣٠ مليون متر مكعب من واجهة جبل « تيرتل » الذى يبلغ ارتفاعه ٩٠٠ متر ، وسقطت على مدينة فرانك الصغيرة والقـائمة بجوار أحد مناجم الفحم ، وقد اندفعت هذه الكتلة الصخرية الضخمة لمسافة ٣ كيلومترات عبر الوادى الى ارتفاع ١٢٠ مترا من الجهة الأخرى له ، ولم يستغرق هذا الأمر سوى دقيقتين ، وخلال هذه الفترة القصيرة فقد سبعة أشخاص من المقيمين بالمدينة حياتهم (*) ٠

الهبوط : Slump

وهو نوع خاص من الانزلاق الأرضى ، ويحدث عندما تتحرك كتلة كبيرة من المنحدر الى أسفل والى الخارج بسبب فعل الجاذبية الأرضية ، وتحدث مثل هذه الحركات عادة فى الصخور غير المتماسكة ، وتنتج من النحر السفلى أو زيادة انحدار السطح لدرجة أنه لا يتمكن من تحمـل وزنه ، ويشيع حدوث الهبوط على ضفاف الأنهار أو بجوانب الوديان شديدة الانحدار (شكل ٩١) ٠

(*) حدثت فى الفترة الأخيرة عدة انهيارات لكتل صخرية على أطراف المقطم وسببت انهيار بعض المنازل وتوفى عدد كبير من الأشخاص ـ (المعرب) ٠

انسياب الوحل :

وهو كتل كبيرة منسابة من الصخور والتربة والماء والتى لها قوام الوحل ، ويحدث تبدد الكتل من هذا النمط عندما تتعرض المناطق الجبلية الجافة أو نصف الجافة لوابل غير عادى من الامطار ، وهى تتولد عادة فى الوديان ذات الجوانب شديدة الانحدار ، ويشق الوحل طريقه فى الوديان وقد يخرب كل الأشياء التى تعترض مساره ٠

الانسياب الأرضى :

ويختلف عن انسياب الوحل فى نسبة الماء الذى يحتويه ، ويتحرك الانسياب الأرضى ببطء بالمقارنة بالانسياب الوحلى الأكثر سيولة ٠

الحركات البطيئة :

بالرغم من أن الحركات البطيئة للكتل تفتقر الى الفعل المفاجىء المحسوس (الذى يتميز به التبدد السريع للكتل) لكن تاثيرها الجيولوجى قد يكون اكبر كثيرا من تاثير الحركات السريعة ٠

زحف التربة Soil Creep :

تتحرك المواد الترابية لأسفل المنحدرات بفعل الجاذبية الأرضية فيما يعرف باسم « زحف التربة » ، وهذه الحركة تكون فى العادة بطيئة جدا حتى انها تبدو غير محسوسة ، وتحدث هذه الحركة على المنحدرات الرطبة والتى لا يكون انحدارها شديدا (والا حدث انهيار أرضى سريع)، وعندما يزحف صخر الدثار متجها الى أسفل المنحدرات فقد يسبب ميل الأشجار وزحزحة الأعمدة الخشبية وتشويه طبقات الصخور (شكل ٩٢) ، ومما يحفز زحف التربة وجود الصقيع الاسفينى (انظر الفصل الثامن) وتعاقب تجمد الماء وانصهاره ونشاط بعض النباتات والحيوانات ٠

انهيار التربة Solifluction :

هو حركة فى اتجاه أسفل المنحدرات ، ويحدث دائما فى المناطق حيث يكون الجليد متجمدا الى عمق كبير ، أما الانسياب الحقيقى للتربة فيحدث عندما ينصهر الجزء الأعلى من صخر الدثار ويصبح مشبعا بالمياه ، فيعمل الجزء تحت السطحى من التربة (الذى ما يزال متجمدا) كسطح انزلاق لصخر الدثار المبتل والذى يبدأ فى الزحف حتى لو كان

الانحدار طفيفا ، ويكثر حدوث انهيار فى التربة فى المناطق القطبية وشبه القطبية وفى المناطق الجبلية العالية •

التعرية بالرياح

الريح (وهى الهواء فى حالة حركة) هى عامل جيولوجى ذو تأثير كبير ، وبالرغم من أن تأثيرها ليس محسوسا بقدر تأثير بعض العوامل الأخرى الا انه يعتبر بدون شك أحد العوامل المهمة التى تغير من شكل سطح الأرض ، وحتى الأماكن الرطبة قد تمر عليها فترات من الجفاف ، وفى مثل هذه الظروف تصبح حبيبات التربة سائبة ومعرضة للازالة بفعل الرياح ، وبالاضافة الى هذا فان الغبار الذى تحركه الرياح قد ينتقل لمسافات طويلة ثم يترسب فى المناطق التى يسود فيها المناخ الرطب •

كيفية حدوث التعرية بالرياح :

قد لا تؤثر الرياح العادية على الصخر الصلب ، لكن الرياح ذات السرعة الكبيرة تتميز بحمولة من الفتات الصخرى الذى يصبح عاملا مهما فى التعرية ، ويحدث التعرية الريحى اما عن طريق التذرية أو السحج •

التذرية Deflation :

فى المناطق حيث يسود المناخ الجاف أو نصف الجاف وحيث يكون الغطاء النباتى قليل الكثافة تتعرض الصخور السائبة وحبيبات التربة لأن تحملها الرياح ، وهذه العملية تعرف باسم « التذرية » التى قد تخلق أنماطا عديدة من الملامح المميزة وعلى سبيل المثال فان المنخفضات الضحلة الشاسعة والتى تسمى « المنخفضات الريحية Blowouts » تتكون فى الأماكن حيث تكون الرياح قد فرقت المواد السائبة من الصخور والتربة ، ويتكون « حصى التخلف Lag Gravels » عندما تزيل الرياح الحبيبات الصخرية الدقيقة تاركة وراءها ما تبقى من الحصى الكبير والجلاميد ، وقد يتكون « الرصيف الصحراوى » عندما ينكشف الحصى الكبير والجلاميد وأجزاء من صخر الأديم بحيث تتوافق مع بعضها لتكون سطحا أملس نسبيا ، وقد تتخذ بعض هذه الأحجار سطحا داكنا مزججا (مثل الصينى) من أكاسيد الحديد أو المنجنيز يسمى « ورنيش الصحراء » •

السحج (أو الصنفرة) Abrasion :

يحدث الفعل السحجى للرياح بواسطة حبيبات الرمل والغبار التى

تنتقل كجزء من حمولة الرياح ، ويعمل السحج الريحى أو « سفع الرمال الطبيعى » كعامل محطم للصخور المتماسكة ، وقد يؤدى هذا الفعل المتلف للحبيبات التى تحملها الرياح الى برى أعمدة التلغراف الخشبية وقوائم الأسوار ونحر الأسطح الصلبة للصخور ، وهكذا فان نوافذ المنازل التى تتعرض لتاثير الرمال التى تقذفها الرياح تصبح منقرة أو مشققة أو شبيهة بالزجاج المسنفر ، كما تتعرض حبيبات الرمـــال (التى قامت بالفعل السحجى) للبرى ، فهى تصبح أيضا منقرة كما انها تتناقص فى الحجم .

ويلعب السحج الريحى دوره فى تكوين بعض الأشكال الصخرية مثـــل الصخور التى تشبه المنضدة « والكتـــل العمدانية Pedestals » (وهى كتل صخرية معزولة تعرضت قواعدها للنحر السفلى بفعـــل الرياح ، انظر شكل ٩٣) ، وعلاوة على ذلك تبدو بعض الكهوف فى السفوح المنخفضة للتلال انها تكونت بمساعدة التحات الريحى كما أن « الحصوات الريحية Ventifacts » هى أيضـــا ضمن النواتج المهمـة والشائعة للتحات الريحى ، وهى عبارة عن حصوات (أو جلاميد فى بعض الأحيان) حدث لها صقل وتكونت لها أسطح صغيرة أو حزوز وذلك بفعل الرمال ، وتتكون الحصوات الريحية عندما تقذف الرياح بالرمال على أحد جوانب الحصوة فتجعله وجها مستويا (شكل ٩٤) ، فاذا ما غيرت الرياح السائدة اتجاهها فقد تتكون أوجه عديدة على الجوانب الأخرى للحصوة ، فالحصوات التى يكون لها وجـه مستو واحد تصبح لها حافة واحدة وتعرف حينئذ باسم « وحيدة الحافـــة Einkanters » امـا الحصـوات ذات الشـكل المثلث والتى تتكـون لها سطوح فتسمى « ثلاثية الحافة Dreikanters » .

النقـل بالريـــاح :

تتحدد الطريقة التى تحمل بها الرياح حمولتها بحجم وشكل ووزن الحبيبات ، وبسرعة الرياح ، والمواد التى تنقلها الرياح هى فى الغالب مشتقة من الأماكن التى يوجد بها فتات صخرى سائب سبقت تجويته (مثل السهول الفيضية ورمال الشواطىء ورسوبيات المثالج وقيعـــان البحيرات التى جفت) وبالاضافة لما سبق فقد تنتج عن الانفجـــارات البركانية كميات كبيرة من الرماد الخفيف أو الغبار الذى تنقله الرياح أيضا .

ويمكن للرياح أن تنقل كميات كبيرة من المواد لمسافات طويلة ، وجزء من هذه المواد يتدحرج أو ينزلق على سطح الأرض ، أى أن هذه

« الحمولة الأرضية Bedload » تنتقل بواسطة « الدحرجة » ، وتتحرك بعض حبيبات الرمال بالقفز أو عن طريق وثبات قصيرة متتالية، فان كانت سرعة الريح كبيرة بدرجة كافية فان نقل الحبيبات يكون على شكل « معلق » ، ومعظم الحمولة المعلقة تكون على ارتفاع أمتار قليلة فوق سطح الأرض ، لكن حبيبات الغبار ترتفع لأعلى حتى تصل الى التيارات الريحية العالية السريعة ، ومثل هذه المواد التى تحملها المستويات العليا من التيارات الريحية قد تنتقل لمسافات تبلغ آلاف الكيلومترات ٠

الترسيب من الرياح :

تبدأ الرياح فى ترسيب حمولتها بمجرد انخفاض سرعتها أو عند سقوط المطر أو ندف الثلج ، ويحدث النقصان فى سرعة الرياح عندما « تضمحل » الريح أو تصطدم بأجسام (أشجار أو أعمدة) خلال مسيرتها ، ويكون الجزء الأكبر من الرسوبيات التى تكونها الرياح (أى الرسوبيات « الريحية ») الكثبان واللويس ٠

الكثبان Dunes :

الكثبان الرملية هى روابى أو تلال من الرمال ترسبت بفعل الرياح، وتختلف الكثبان فى الشكل والحجم حسب طبيعة الرياح والكمية المتاحة من الرمال ومقدار وتوزيع الغطاء النباتى ٠

كيفية تكون الكثبان :

تتكون الكثبان فى المناطق التى تتواجد فيها كميات كبيرة كافية من الرمال السائبة غير المحمية ورياح كافية لتحريكها ، ويكثر وجود مثل هذه المناطق فى الصحارى الرملية والسهول الفيضية الرملية والشواطىء الرملية التى حول البحيرات أو عند سواحل البحار ، ويبدأ تكون الكثيب بوجود عائق يسبب هبوطا فى سرعة الرياح (مثل شجرة أو عمود خشبى) ، وعند هبوط سرعة الرياح يتكون راسب صغير من المواد التى تحملها الرياح على جانب العائق فى الناحية المحجوبة عن الريح ، وعندما تنمو الرابية الرملية تصبح حاجزا فعالا ضد الريح ٠٠ وهكذا فان كمية الترسيب تتزايد ، وتستمر هذه العملية حتى يصبح ارتفاع الكثيب عدة أمتار ، وقد يصل ارتفاعه أيضا عشرات أو مئات الأمتار ٠

والكثبان التى تتكون فى المناطق حيث يستمر هبوب الريح فى اتجاه واحد ثابت تتخذ شكلا مميزا (شكل ٩٥) ، ويكون لمثل هذه الكثبان

انحدار طويل لطيف فى الجانب المواجه لاتجاه الريح وانحدار قصير شديد فى الجانب البعيد عن الريح ، وينتشر وجود خطوط صغيرة تعرف باسم « علامات النيم Ripple Marks » على جانب الكثيب المواجه للريح ٠

هجـــرة الكثبان :

معظم الكثبان الرملية لا تستقر فى مكان ثابت ، وبدلا من ذلك فانها تنتقل ببطء ، اذ تنقل الرياح الرمال من الجانب المواجه للريح عبر قمـة الكثيب وتسقطه على الجانب الآخر البعيد ، مواجهة الريح ، وعند تكرر حدوث هذه العملية يحدث انتقال للكثيب بأكمله فى الاتجاه البعيد عن الريح ، وهذه الحركة تعرف باسم « هجرة الكثيب » ، ورغم أنها حركة بطيئة نسبيا (نادرا ما تزيد عن ثمانية أمتار فى السنة) فان بعض الكثبان تتحرك بسرعة تصل الى ٣٠ مترا فى العام الواحد (٤٥) ، ويستمر انتقال الكثبان حتى تتغطى بالنباتات التى تقوم بحماية الرمال من فعل الرياح ، وفى هذه الحالة تسمى الكثبان من هذا النوع باســم « الكثبان الثابتة » أو « الكثبان المستقرة » ، وقد تنتقل الكثبان المهاجرة عبر الغابات أو الأراضى المزروعة أو خطوط السكك الحديدية أو الطرق السريعة أو القرى ، وفى بعض الأحيان يتمكن الانسان من تقييد حركة الرمال بزراعة الحشائش أو الشجيرات أو الأشجار الكبيرة أو باقامة أعمدة خشبية للحماية من انتقال الكثبان ٠

انواع الكثبان الرملية :

تختلـف الـكثبان كثـيرا فى الحجـم والشـكل ، وذلك اعتمـادا على سرعة واتجاه الريح وعلى كمية الرمال المتاحة فى المنطقة ٠

البرخانات Barchans :

هى كثبان هلالية الشكل تتميز بوجود امتدادين طويلين مقوسين يشيران الى الاتجاه الذى تولى منه الرياح (شكل ٩٦ ــ ١) ، وتتكون مثل هذه الكثبان فى المناطق التى تهب فيها الرياح باستمرار وفى اتجاه واحـــد ٠

الكثبان المستعرضة Traverse Dunes :

وتوجد بوجه خاص على طول سواحل البحار وشطآن البحيرات ، وتتكون بحيث يصير محورها الطولى عموديا على اتجاه الريح (شكل

(٤٥) من المعتقد أن تميز ملك الفرس قد غزا مصر بجيش جرار ثم ماتوا من العطش فى صحراء مصر الغربية واختفوا تماما تحت رمال الكثبان المهاجرة ــ (المعرب) ٠

٩٦ ـ ب) ، وقد يصل ارتفاع الحيد الرملى الى ٣ حتى ٥ر٤ متر كما يصل طولها الى ما يقرب من الكيلومتر ٠

الكثبان الطـولية :

هى كثبان طويلة تشبه الحيود تتكون بطريقة موازية لاتجاه الريح (شكل ٩٦ ـ ج) ، والكثبان السيفية Seif Dunes هى نمط خاص من الكثبان الطولية تشبه « السيف العربى » وقد يصل ارتفاعها الى ٢٠٠ متر وطولهـا الى ١٨٠ مترا ، وهى تنتشر فى مجمـوعات لتكون حيـودا تمتد لمسافة كيلومترات كثيرة فى الصحراء ٠

الكثبان الهلالية المعكوسة Parabolic Dunes :

هى على شكلحرف U وتشبه الكثبان الهلالية (البرخانات) الا أن طرفاها يشيران الى مصدر هبوب الرياح (شكل ٩٦ ـ د) بينما فى حالة البرخان يشير الطرفان الى الاتجاه الذى تولى منه الريح ٠

اللويس Loess :

قد تتجمع الحبيبات الدقيقة التى تحملها الرياح لتكون رسوبيات من الغبار تعرف باسم « اللويس » الذى يتكون من مواد صفراء دقيقة الحبيبات ولا تكون طبقات ، وهى تشملحبيبات دقيقة ذات زوايا وهى شظايا لبعض المعادن ، والمواد التى تكون اللويس مشتقة من التراب السطحى الموجود فى الصحارى والسهول الفيضية النهرية ورسوبيات الاكتساح المثلجية ورسوبيات الدلتا ، واللويس رسوبيات متماسكة ولها خاصية تكوين جروف شديدة الانحدار ذات جوانب رأسية ٠

ومن المعروف ان اللويس يمكن أن يكون تربة صفـراء دقيقـة الحبيبات عالية الخصوبة ، وفى المناطق التى يسقط فيها المطـر بدرجـة كافية تصبح لمثل هذه التربة أهمية زراعية كبيرة ، وتوجد بعض رسوبيات اللويس ذات الامتداد الشاسع فى الجزء الأدنى من وادى نهر المسيسيبى والبامباس (فى الأرجنتين) وفى شمال الصين ٠

الصحـــارى :

هى مناطق يقل فيها معدل سقوط المطر عن معدل التبخر ، وتشغل ٣٠٪ من سطح اليابسة ، وهى احدى البيئات الصعبة بالنسبة للكائنات الحية ، وهى اما شديدة الحرارة أو قارصة البرودة ، والمعدل السنوى

لتساقط المطر اقل من ٢٥ سم ، وتنتشر التيارات الهوائية ويندر وجـود النباتات • ومعظم « الصحارى الحارة » مثل الصحراء الكبرى فى شمال أفريقيا موجودة فى المنطقة الاستوائية وشبه الاستوائية ، وهناك صحارى أخرى (مثل صحراء « موهيف » فى جنـوب غـرب الولايات المتحدة ، وصحارى وسط آسيا) توجد عند خطوط العرض الوسطية ، ويحدث التصحر فى المناطق الحارة البعيدة عن المناطق الرطبة (كأن تكون معزولة بجبال عالية عند الشواطىء حيث توجد ريـاح شاطئيـة وتيارات من الماء البارد) أو المناطق ذات الضغط العالى حيثتتحول كتل الهواء الهابطة الى هواء جاف دافىء ، أما الصحارى الباردة فتتميز بدرجات حرارة منخفضة لدرجة أن الهواء الجوى لا يتمكن من حمل أية رطوبة ، وتوجد مثل هذه الصحارى فى جرينلاند والمنطقة القطبية الجنوبية وأماكن أخرى •

الفصل الثالث عشر

المحيطات والشـــواطىء

سبق أن عرفنا أن المحيطات تشغل حوالى ٧١٪ من سطح الأرض ، وأن معظم الصخور المفتتة الناتجة من التحات تترسب فى النهاية فى البحر ، وبالاضافة الى الأهمية الجيولوجية للمحيطات فانها تستخـدم كطرق لتسيير التجارة ، كما أن وجودها يعمل على تنظيم المناخ ، وفوق كل هذا فهى مصدر أساسى لكل المياه فى الأرض ٠

أصل المحيطـــات :

بالرغم من الحقيقة التى تقول بانتشار المحيطات الشاسع الا أنها لا تزيد عن كونها غلالة رقيقة من الماء تملأ بعض الأحواض وتلتحم مع حواف القارات (شكل ٩٧) ، ويمكن أن نتتبع أصل الغلاف المائى (الذى تشغل المحيطات أكثر من ٩٧٪ منه) لأكثر من ٤٥٠٠ مليون سنة مضت ٠

من أين جاءت كل هذه المياه ؟!

من المعتقد أن هذا الماء كان محبوسا داخل الأرض الأولية ، وفى مرحلة مبكرة من تكوين الأرض بدأ هذا الكوكب فى اطلاق بخار المـاء وغازات عديدة أخرى من داخله عن طريق النشاط البركانى ، ويسمى هذا بعملية « طرد الغازات Outgassing » ، وطبقا لما ورد فى احدى النظريات فقد حدث هذا الطرد الغازى عندما بدأت الأرض فى التبرد التدريجى خلال الخمسمائة مليون سنة الأولى من عمر الأرض ، كما اقترح بعض العلماء بأنه قد حدث اطلاق تدريجى لهذه الغازات عن طريق النشاط البركانى خلال زمن جيولوجى طويل جدا ، وفى الواقع فان هناك دلائـل على استمرار حدوث هذا الطرد الى وقتنا الحالى ٠

والماء والغازات التى أنتجت الغـلاف المائى كونت أيضا الغـلاف الهوائى ، كما ساهم الفتات الصخرى الذى يذهب للمحيطات بعد تجوية صخور القشرة (وكذا قليل من المواد الآتية من الفضاء) فى تكوين التركيب الأساسى للمحيطات ٠

تركيب مياه المحيطات :

بقى تركيب مياه المحيطات ثابتا خلال معظم الأزمنة الجيولوجية ، وقد كان هذا ممكنا بسبب توازن ورود المواد الذائبة التى تجلبها الأنهار بالاضافة الى ما يرد للمحيط من رسوبيات ، وقد يلوح لنا سؤال : مم يتكون ماء البحر ؟ لقد عرفه أحد العلماء بانه محلول مخفف من كل المواد ، وعلى الأخص يمكن أن نقول انه قد امكن التعرف على حوالى سبعين عنصرا فى ماء المحيط ، على أنه من المؤكد أن العناصر الأخرى موجودة أيضا ، ومتوسط المحتوى الوزنى للأملاح المذابة فى ماء البحر هو ٥ر٣٪ (انظر جدول ٥) ، وهذه الأملاح المذابة تعطى المحيطات « ملوحتها » ، ويكون كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) اكثر من ثلاثة ارباع المواد الصلبة المذابة ، وقد يتساءل البعض : من أين جاءت هذه الأملاح ؟! والاجابة ان الجزء الأكبر منها كان موجودا فى التربة واذابته مياه الأنهار ونقلته الى البحر ٠

وقد يختلف المحتوى الملحى لمياه المحيط من مكان لآخر ، وعلى سبيل المثال تكون المياه اكثر ملوحة فى الأماكن التى يزيد فيها البخر ، واقل ملوحة فى الأماكن الباردة أو ذات المطر الكثير أو عند مصبات الأنهار الكبيرة ٠

جدول ٥ : المكونات الغالبة للأملاح المذابة فى ماء المحيط

الأيون		النسبة المئوية لكل المادة المذابة
الكلوريد	(Cl^{-1})	٥٥ر٠٧
الصوديوم	(Na^{+1})	٣٠ر٦٢
الكبريتات	(So_4^{-2})	٧ر٧٢
المغنسيوم	(Mg^{+2})	٣ر٦٨
الكالسيوم	(Ca^{+2})	١ر١٧
البوتاسيوم	(K^{+1})	١ر١٠
البيكربونات	(HCO_3^{-1})	٠ر٤٠
البروميد	(Br^{-1})	٠ر١٩
السترونشيوم	(Sr^{+2})	٠ر٠٢
المجمـــوع		٩٩ر٩٧

توزيع المحيطات :

تغطى مياه المحيطات على سطح الأرض مساحة كلية تبلغ حوالى ٣٦٠ مليون كيلومتر مربع ، كما تغطى المحيطات فى النصف الجنوبى من الكرة الأرضية حوالى ٨١٪ من السطح الكلى ، بينما تغطى فى النصف الشمالى ٦١٪ تقريبا من السطح الكلى (شكل ٩٧) ، والمحيطات هى أجسام مائية متصلة ببعضها ، ولذلك فان اية باخرة يمكن لها أن تبحر من اى محيط الى كل المحيطات الأخرى ، وتشمل المحيطات أيضا كل الخلجان والأخوار المتصلة بها ، وهكذا فاننا نعتبر البحر المتوسط وبحر البلطيق أجزاء من المحيط الاطلنطى ٠

تقسيم المحيط الأرضى :

يتكون « المحيط الأرضى » من ثلاثة محيطات هى الأطلنطى والهادى والهندى وهى جميعا متصلة ببعضها ، واكبرها المحيط الهادى كما انه أكثرها عمقا ويكون حوالى ثلاثة اثمان مساحة المـاء الكلية على سطح الكرة الأرضية ، ويبدو اكبر عرض له عند خط الاستواء ويبلغ حوالى ١٦٠٠٠ كيلومتر ٠

واكبر المحيطات بعد الهادى هو المحيط الأطلنطى الذى يكون ربع المساحة الكلية للمحيطات على وجه التقريب ، ويتراوح عرضه من ٣٢٠٠ الى ٦٨٠٠ كيلومتر ، وثالث المحيطات حجما هو المحيط الهندى الذى يبلغ عرضه حوالى ٩٦٠٠ كيلومتر ويكون ما يقرب من $\frac{1}{5}$ الحجم الكلى للمحيطات ٠

وهناك أجسام مائية كبيرة لا تعتبر من المحيطات وتشمل ما يسمى بالمحيط الشمالى والبحر المتوسط وبحر البلطيق ويمكن اعتبارها أجزاء من المحيط الأطلنطى ، أما المحيط المتجمد الجنوبى فلا يمكن اعتباره من المحيطات لانه يحيط باحدى القارات (القارة القطبية الجنوبية) كما انه لا توجد له حدود جغرافية ظاهرة ٠

عمق المحيطات :

كما ذكرنا من قبل فان المحيط الهادى هو أعمق المحيطات ومتوسط عمقه ٤٢٠٠ متر ، وعند أعمق جزء فيه (وهو غور جزر الماريانا (٤٦)

---

(٤٦) تقع مجموعة جزر الماريانا على بعد حوالى ٢٠٠٠ كيلومتر شرق جزر الفلبين وتتوسطها جزيرة جويام ـ (المعرب) ٠

فى الجزء الغربى من المحيط) يبلغ عمقه أكثر من ١٠٫٨٠٠ متر ، ويليه فى العمق المحيط الهندى ويبلغ متوسط عمقه ٣٩٠٠ متر بينما يبلغ متوسط عمق المحيط الاطلنطى ٣٨٤٠ مترا ، وتعرف البقعة فى قاع المحيط التى يزيد عمقها عن ٥٤٠٠ متر تحت سطح المحيط باسم « الهاوية » ، وتوجد حوالى ٥٧ هاوية معروفة ، ومثل هذه البقاع فى المحيط الهادى تشمل « غور جزر الماريانا » على مسافة من جزيرة جويام ، وهاوية « سواير » أو « غور الفيلبين » (عمقه ١٠٫٦٠٠ متر) ويقع شمال شرق جزيرة ميندناو ، أما أعمق نقطة فى المحيط الاطلنطى (وهى على عمق ٨٧٠٠ متر) فهى « هاوية ميلووكى » أو « غور بوتوريكو » الذى يقع الى الشمال مباشرة من بوتوريكو (٤٧) ٠

وعمق المحيطات يزيد كثيرا عن ارتفاع اليابسة ، فمتوسط عمق المحيطات هو ٣٩٠٠ متر بينما متوسط ارتفاع اليابسة يبلغ ٧٨٠ مترا ، فاذا افترضنا حدوث تحات كامل للقارات وترسب فتاتها الصخرى فى المحيطات فان الأرض تصبح مغطاة بمحيط واحد عمقه ٣٢٠٠ متر ٠

قـــاع المحيط :

كان المعتقد السائد فى وقت من الأوقات أن قاع الأحواض المحيطية (وهى الأجزاء المنخفضة من سطح الأرض والتى تقع بين كتل القارات) عبارة عن سهول مستوية لا تبرز فيها أية تضاريس ، لكننا نعلم الآن أن أجزاء من قاع المحيط تتميز بوجود سلاسل جبلية وهضاب وملامح أخرى متباينة الارتفاع تشبه ما يوجد على سطح اليابسة ، وبوجـــه عام فان تضاريس قاع المحيطات ليست شديدة الوعورة (بعكس سطح اليابسة) ٠

وقد قسم الجيولوجيون قاع المحيط الى أربعة أقسام : الرف القارى والمنحدر القارى والبروز القارى والمستوى السحيق ٠

الرف القارى Continental Shelf :

تعرف حواف القارات شبه المستوية والمغمورة بمياه البحر باسم « الرفوف القارية » (شكل ٩٨) ، وهذه الرفوف ذات انحدار خفيف يبدأ من شـــواطىء القارات فى اتجاه البحر ، ومتوسط عرض هذه الرفوف ٥٠ كيلومترا كما أن متوسط عمق الماء الذى يغطيها حوالى ١٢٠ مترا ٠

---

(٤٧) احدى جزر الانتيل الكبرى وتقع شرق المكسيك ـ (المعرب) ٠

المنحدر القارى Continental Slope :

تزداد حدة انحدار قاع البحر عند الحواف الخارجية للرفوف القارية (شكل ٩٨) ، فهذه المنحدرات تنحدر بطريقة شبه فجائية (بعضها يصبح عمقه ٩٠٠٠ متر خلال مسافة قصيرة نسبيا من الشاطىء) حتى تصل الى الأجزاء الأكثر عمقا فى المحيط ، وفى بعض الاماكن تتميز أسطح كل من المنحدر القارى والرف القارى بوجود أخاديد تحت بحرية Submarine Canyons عمقه مثل « أخدود هادسون » تحت البحرى الذى يصل عمقه الى حوالى ٧٢٠ مترا واتساعه ٥ كيلومترات وامتداده حوالى ٢٠٠ كيلومتر ، ويبدو أن هذا الأخدود هو امتداد لنهر هادسون ، وتوجد أخاديد أخرى ليس لها علاقة بأنهار ومن غير المعروف تماما كيف نشأت هذه الأخاديد ، لكن العلماء فسروا تكون بعضها كنتيجة للحركات الأرضية تحت البحر ، أو للفعل التحاتى لظاهرة المد والجزر ، أو لتغير مستوى سطح البحر خلال الفترات الجليدية ، أو لتيارات العكر (وهى تيارات للماء العكر أو الموحل والذى يتحرك أسرع نسبيا من المياه المحيطة بسبب كثافته العالية) ٠

البروز القارى :

هذا البروز عبارة عن كتلة مسلوبة (أى تشبه الاسفين النائم) من الرسوبيات التى تجمعت على طول قاع المحيط عند نهاية المنحدر القارى ، وقد تكونت على شكل رسوبيات منجرفة أسفل المنحدر ومشتتة عند قاعدته ، وبسبب الانحدار المتدرج ابتداء من المنحدر القارى ثم البروز القارى وحتى المستوى السحيق فقد يكون من الصعب التعرف على منطقة البروز القارى طوبوغرافيا ٠

المستوى السحيق Abyssal Plain :

وهو مستوى قاع المحيط الذى يبدأ من قاعدة المنحدر القارى ويمتد فى اتجاه المحيط (شكل ٩٨) ، وهو أكثر الأماكن المنبسطة فى الكرة الأرضية امتدادا ، ويتراوح عمقه من ٣٠٠٠ الى ٦٠٠٠ متر تحت مستوى سطح البحر ، واغلبه مكون من رسوبيات دقيقة ، ويكون حوالى ٤٢٪ من اجمالى مساحة قاع المحيط ٠

ولا يتكون القاع العميق للمحيط من المستوى السحيق فقط ، اذ أنه فى بعض الأماكن توجد مساحات من القاع ذات تباين جغرافى كبير

(مثلما هو الحال فى طوبوغرافية اليابسة) ، ومن اهم ملامح هـذا التباين ما يلى :

حيود وسط المحيط Mid-Oceanic Ridges :

هنا تسود السلاسل الجبلية على قاع المحيط وتمتد الى مسافـة تزيد عن ٥٠٫٠٠٠ كيلومتر ، وهذه الحيود الوسط محيطية موجودة فى كل المحيطـات وتقـع فى منتصف كل من المحيطين الأطلنطى والهنـدى (شكل ٤) ، وقد سبق أن ناقشنا علاقة هذه الحيود الوسط محيطية بالزلازل والبراكين النشطة وتكتونية الألواح وذلك فى الفصل الثانى من هذا الكتاب ٠

الأغوار المحيطية العميقة Deep-sea Trenches :

وهى أحواض طويلة وشديدة العمق وتقع فى القـــاع العميق للمحيط ، وقد يوجد عدد كبير منها عند قاعدة المنحدر القارى ، وبالرغم من أن أصلها غير معروف تماما الا أنها قد تصاحب الصدوع تحت البحرية وأيضا نطاقات الانضواء على طول الحواف القارية لبعض الألواح ٠

الجبال البحرية :

مرتفعات معزولة لها شكل الجبال ، وقد يصل ارتفاعها الى اكثر من ٩٠٠ متر ، وقد تتكون على طول حيود وسط المحيـــط (التى هى مرتفعات ضيقة ذات جوانب شديدة الانحدار وتقع على قاع المحيط) ، كمـا قـد تتكون الجبـال البحرية فى نواح متفرقة من القـاع العميق للمحيط ٠

تلال الجايو Guyots :

وهى جبال بحرية ذات قمم مستوية (شكل ٩٩) ترتفع من قاع البحر ، وتقع قمتها على عمق ٩٠٠ الى ١٨٠٠ متر تحت سطح البحر ، وتوجد تلال الجايو بوجه خاص فى المحيط الهادى وتعزى الى تكون براكين ثم هبوطها تحت سطح البحر بعد أن تسطحت قمتها بفعل الرياح ٠

حركة ماء البحر :

كثير منا من شهد الحركة المستمرة وغير المنقطعة لماء البحر ، ويستطيع أن يقدر مدى تاثير هذه الحركة كعامل جيولوجى ، فالانماط

الرئيسية لهذه الحركة وهى ظواهر المد والجزر والتيارات البحرية والموجات البحرية هى حركات مستمرة ، ولها فعل قوى تنتج عنه تغيرات فى شكل الصخور وتركيبها على طول الشواطىء ٠

وأسباب هذه الحركة غير المنظمة لمياه البحر مختلفة ومتشعبة ، وتعزى فى الأساس الى فعل المد والجزر وفعل الرياح ولتغيير كثافة مياه البحر والى دوران الكرة الأرضية ٠

ظاهرة المد والجزر Tides :

تعزى هذه الظاهرة الى الارتفاع الدورى فى مستوى سطح البحر ثم انخفاضه ، وهى تسبب ارتفاع مياه المحيط تدريجيا لمدة ست ساعات وثلاث عشرة دقيقة ، ثم انخفاضها ببطء خلال مدة زمنية مساوية ، وليس من السهل ملاحظة هذه الظاهرة فى البحار المفتوحة اذ أن الفارق فى مستوى الماء فى حالتى المد والجزر (أى مدى المد « Tidal Range » لا يتعدى ٦٠ سنتيمترا ، لكن مدى المد يكون ملحوظا بدرجة أكبر قرب الشواطىء ، وقد يتراوح من أقل من ٦٠ سنتيمترا (فى خليج المكسيك مثلا) الى ما قد يصل الى ١٥ مترا (فى خليج فاندى فى نوفاسكوشيا بكندا) ، ويحدث هذا المد المرتفع بدرجة شاذة فى خليج فاندى بسبب موجات المد الكبيرة Tidal Bore وهى عبارة عن كتلة مائية واقفة (مثل الحائط) تتقدم عندما يتحرك المد فى اتجاه خليج ضيق أو فم نهرى ، ويختلف مدى المد بحسب حالة القمر والمسافة بينه وبين الأرض ، كما يتأثر أيضا بنمط الشواطىء وتضاريس قاع البحر ٠

وتحدث ظاهرة المد والجزر غالبا بسبب تأثير الجاذبية الثقلية للقمر على مياه الأرض ، وقد تؤدى الجاذبية الثقلية التى تصدر عن الشمس الى المد أيضا ، والى جانب جاذبية القمر والشمس فان قوة الطرد المركزية الناتجة عن دوران الأرض تساهم فى تقوية هذه الظاهرة ٠

التيارات :

للمحيطات حركات محلية محدودة لكتل من الماء تعرف بتيارات المحيط ، وتنتج هذه التيارات بسبب الرياح السائدة وموجات المد والجزر والاختلاف فى درجات ملوحة الماء ودوران الكرة الأرضية وتركيزات المياه العكرة ، كما أن التغير فى كثافة الماء الذى يعزى الى تغير درجات

الحرارة يسبب أيضا حدوث التيارات ، وأحد الأمثلة البارزة لهذه التيارات هو تيار الخليج (٤٨) الذى يجرى على طول شاطىء الاطلنطى ٠

وبالاضافة الى التيارات المحيطية توجد أنواع عديدة من تيارات الشواطىء والمقصورة على مناطق السواحل ، وتشمل « التيار السفلى Undertow » وهو تيار من الماء يرتد فى اتجاه البحر وذلك عند قاع البحر تحت الأمواج ، و « تيارات الشقوق » (وتعزى أيضا الى الماء العائد للمحيط) و « التيارات السريعة » التى تجرى بالقرب من الساحل وتتوازى معه ، و « التيارات الشاطئية » التى تنتج عن الأمواج التى تصطدم بالشاطىء بزاوية حادة فتنتج عنها تيارات تتحرك بموازاة الشاطىء ، وكما سنذكر فيما بعد فان التيارات الشاطئية ذات أهمية كبيرة فى تغيير شكل الشواطىء ٠

الأمواج :

تنتج عن احتكاك الريح بسطح المياه ، وهى عبارة عن حركة سطح الماء لأعلى وأسفل فى نفس اتجاه هبوب الريح ، وتتكون الأمواج المنكسرة عندما تصل الأمواج الى الماء الضحل قرب الشاطىء ، وتحدث مقاومة للجزء السفلى من الموجة بفعل الاحتكاك مع القاع ، أما قمة الموجة التى لها قوة دفع أكبر فانها تندفع للامام مما يؤدى لانكسارها ٠

وقد تختلف الأمواج فى الحجم من مثل ما يشبه تموج الرمال (أى علامات النيم) الى أمواج العواصف العملاقة التى يبلغ ارتفاعها من ٧ الى ١٥ مترا ، وهذا النوع قد يتسبب فى تحطيم المنشآت الشاطئية لانها تتسابق عبر السواحل المنخفضة مدفوعة بسرعة رياح العاصفة (أو النوة) أو الأعصار ، كما قد تنتج الأمواج العملاقة بسبب الزلازل الحادثة فى قاع المحيط ، وهذه الأمواج تعرف باسم « تسونامى Tsunami » (المأخوذة من اللغة اليابانية) وهى أكبر الأمواج البحرية وأكثرها قدرة على التدمير ، وسوف نناقشها ببعض التفصيل فى الفصل الخامس عشر ٠

الفعل الجيولوجى للبحر

يشمل الفعل الجيولوجى للبحر عمليات النحات Erosion والنقل والترسيب ، ويعتمد غالبا على فعل الأمواج والتيارات البحرية

---

(٤٨) المقصود هنا هو خليج المكسيك ـ (المعرب) ٠

(الناتجة من الأمواج) والتى تؤثر بشكل ملحوظ على شاطىء البحر ٠

التحـات البحرى :

عندما تهاجم الأمواج الشاطىء فانها تحدث فيه تحاتا بفعل عدة عمليات ، وتعتمد سرعة تآكل شاطىء البحر على مدى مقاومة الصخور المكونة له وشدة فعل الأمواج التى يتعرض لها ٠

عوامل التحات البحرى :

يتم تحـات الأمواج بطـرق عديدة ، فيحدث التآكل بالفعـل الهيدروليكى عندما تضرب الأمواج الرسوبيات ضعيفة التماسـك أو الصخور السائبة بسبب تشققها ، وقد يحدث سحج أيضا للساحل عندما ينحت فيه فتات الصخور الذى تحمله الأمواج والتيارات ، أما السواحل التى لها مكاشف من الصخور القابلة للاذابة (مثل الحجر الجيرى) فانها قد تتاثر بشدة بعوامل الاذابة ٠

الملامح التى تتكون بفعل التحات البحرى :

الأشكال العامة للتحات التى تتكون بفعل الأمـواج هى سمات مشتركة لشواطىء كثيرة ، وفيما يلى وصف لأهم هذه الملامح :

الجروف البحرية :

وتعرف أيضا باسم « الجروف التى قطعتها الأمواج Wave-Cut Cliffs » (شـكل ١٠٠) ، وتتكـون بتـأثير الفعـل التحـاتى للأمـواج على الصخر السفلى للشاطىء يليها عملية تكوين الكهف فى الصخر المعلق ، ومثل هذه الجروف تكون راسية فى الأساس ويكثر وجودها فى بعض المناطق على طول سواحل منطقة نيوانجلند (شمال شرق الولايات المتحدة) وشواطىء أمريكا الشمالية من جهة المحيط الهادى ٠

المنصة المقطوعة بالأمواج :

عند قاعدة معظم الجروف البحرية تمتد أرصفة مستوية فى اتجاه البحر وتعرف باسم « المنصات المقطوعة بفعل الأمواج » أو « الأرصفة التى قطعتها الأمواج Wave-cut Benches (or Terraces) » (شكل ١٠٠) ٠

الرؤوس الأرضية Head Lands :

هى بروزات تشبه الأصبع مكونة من صخور مقاومة للتجوية وتمتد

داخل البحر (شكل ١٠١) ، اما الشرشرة التى تقع بين راسين أرضيين فتعرف باسم المرفأ Cove (٤٩) ٠

المغارات البحرية والقناطر البحرية والعمدان :

قد يتسبب الفعل المستمر للأمواج على جرف بحرى فى تكوين تفريغ يسمى « مغارة بحرية » (شكل ١٠٢) ، كما قد تنحر الأمواج خلال رأس أرضى فتحدث فيه فراغا كبيرا مكونة « قنطرة بحرية Sea Arch » فاذا ما انهار سقف هذه القنطرة فان الكتلة الصخرية الباقية والتى انفصلت من الرأس البحرى تعرف باسم « العمود Stack » (شكل ١٠٢) ٠

النقل البحرى :

عرفنا فعل الأمواج والتيارات كعوامل رئيسية فى احداث التحات البحرى ، وبالاضافة الى ذلك فانها عوامل مهمة فى النقل ، وتقوم التيارات السفلية وتيارات الشقوق بحمل حبيبات الصخور واعادتها للبحر ، كما تلتقط التيارات السريعة الرسوبيات وتحركها بعيدا عن الشاطىء وفى اتجاه المياه العميقة ، وقد ينتقل بعض هذه المواد على شكل محلول ، وقد تحدث ازاحة للمواد العالقة والذائبة لمسافات طويلة فى البحر ثم تترسب فى النهاية بعيدا عن الشاطىء ، واثناء النقل بالأمواج والتيارات البحرية يحدث مزيد من التحات لحبيبات الرسوبيات فتصبح اصغر حجما واكثر استدارة ٠

الترسيب البحرى :

عندما تقل سرعة الأمواج أو التيارات فانها ترسب حمولتها ، كما أن الأمواج المتكسرة على الشاطىء تلقى عليه ببعض الحبيبات الصخرية وتتكون معظم هذه الحبيبات المترسبة من شظايا صخرية جلبتها عوامل التجوية الميكانيكية من اليابسة ، وهى تختلف كثيرا عن الرسوبيات التى تتكون داخل نطاق اليابسة (بعيدا عن البحر) ٠

الملامح التى تتكون من الترسيب البحرى :

بالرغم من حدوث التحات فى جزء محدود من شاطىء البحر فان الرسوبيات البحرية تتكون فى كل مكان ، وتعتبر هذه الملامح الترسيبية

---

(٤٩) وهناك أيضا الطمبولو واللسان الأرضى وسيرد شرح لهما بعد قليل ـ (المعرب)٠

(مثل ملامح التحات البحرى) صفة مميزة لمعظم السواحل البحرية ٠

الشواطىء :

هى رسوبيات ساحلية من الفتات الصخرى وتقع على خط الجزر فى المنطقة الساحلية ، والشواطىء ملامح مؤقتة ، وبالرغم من أن معظم الشواطىء رملية التكوين فانها قد تتكون أيضا من الجلاميد والحصى والأصداف والوحل أو خليط من هذه المواد ٠

الجزر الحاجزة :

هى تجمعات رملية طويلة وضيقة تقع موازية للشاطىء وتفصله عنها بحيرة شاطئية ضحلة (أو لاجون) ، وهى تعرف أيضا بالشواطىء الحاجزة ، ويكثر وجودها على ساحل الأطلنطى فيما بين نيوجرسى وميامى بالولايات المتحدة (شكل ١٠٣) ٠

الألسنة الأرضية والكلابات :

الألسنة الأرضية Spits هى جسور طويلة من الرمل والحصى تمتد داخل الماء ولكنها تتصل بالأرض من أحد طرفيها (٥٠) ، وعندما يتقوس الطرف الحر للسان الأرضى فى اتجاه اليابسة يسمى « كلابة Hook» وهى تشبه السنارة أو الخطاف ٠

الطمبولو Tombolo :

هو معبر (أو لسان) رقيق من الرمل والحصى يصل بين جزيرة وبين اليابسة أو يصل بين جزيرتين ، والجزيرة التى فى نهاية الطمبولو تعرف باسم « الجزيرة المتصلة » ، وأحد أمثلة الجزيرة المتصلة هو صخرة جبل طارق التى تتصل بالشاطىء الاسبانى عن طريق طمبولو (وبعض الجيولوجيين يعتبر أن الطمبولو هو المعبر والجزيرة معا وليس المعبر وحده) ٠

الأرصفة التى بنتها الأمواج :

هى رسوبيات تكونت فى الماء العميق تحت مستوى الأرصفة التى قطعتها الأمواج (شكل ١٠٠) ٠

---

(٥٠) مثل اللسان الأرضى المعروف باسم « السلسلة » بشاطىء الاسكندرية فى مصر ـ (المعرب) ٠

الحياة فى المحيطات :

يشتمل البحر على أعداد لا حصر لها من الأنواع المختلفة من النباتات والحيوانات ، وقد تطفو هذه الكائنات أو تسبح أو تزحف على القاع أو تدفن نفسها فيه ، والبعض الآخر (مثل بعض النباتات والمرجانيات التى تفرز مادة كربونات الكالسيوم) تبنى كتلا جيرية كبيرة تعرف باسم الشعاب ٠

وتعيش معظم الكائنات البحرية فى الأجزاء المعروفة باسم الرفوف القارية (على حدود القارات) ، وكثير من التكوينات الصخرية الغنية بالحفريات قد ترسبت على رفوف قارية فى العصور القديمة ٠

الشعاب المرجانية :

هى نتاج لبعض الكائنات المحيطية كما سبق أن ذكرنا ، وهى حيود من الصخر الجيرى عند سطح البحر أو تحته ، وتتكون جزئيا من تجمعات هائلة من الأصداف الجيرية للمرجانيات البانية للشعاب ، وهذه الحيوانات البحرية تعيش فى مستعمرات فى الماء الصافى الدافىء (ليس أقل من ٢٠° م) وعلى عمق أقل من ٥٠ مترا ، وتستخلص المرجانيات من هذا النوع أيون الكالسيوم المذاب فى الماء وتستخدمه لبناء أصداف من كربونات الكالسيوم ، وهناك كائنات نباتية وحيوانية أخرى قادرة على استخراج الكالسيوم من ماء البحر وتعيش أيضا فى الشعاب، وعندما تموت هذه الكائنات تضاف بقاياها للكتلة الجيرية ثم تنمو على قمتها مرجانيات جديدة ، وهكذا فان الشعاب تستمر فى نموها لفترات زمنية طويلة ٠

وأكبر شعاب مرجانية معروفة هى « الشعاب الحاجزة الكبرى » عند الشاطىء الشرقى لكوينزلاند (فى استراليا) (٥١) والتى تمتد لمسافة تزيد عن ٢٠٠٠ كيلومتر ويتراوح عرضها من ١٥ الى ١٥٠ كيلومترا ، ويفصلها عن اليابسة بحيرة ضحلة عريضة تعرف باسم « الطريق المائى الداخلى » وهو طريق تجارى مهم ، وقد وجدت شعاب مرجانية متحفرة فى أجزاء عديدة من العالم وفى صخور من عصور مختلفة ٠

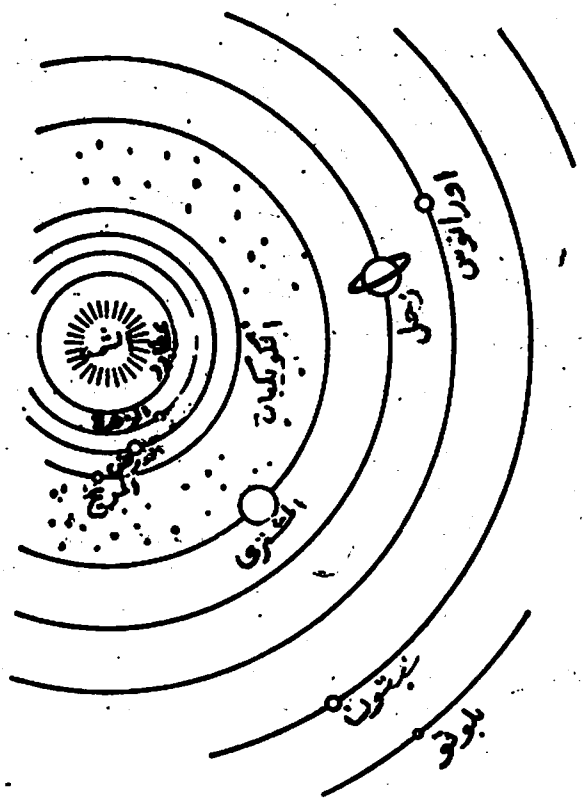
---

(٥١) توجد شعاب مرجانية كثيرة قرب شواطىء البحر الاحمر وخليج السويس والبحر المتوسط ـ (المعرب) ٠

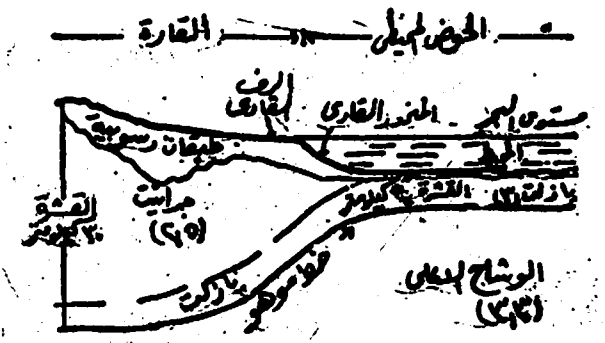
وقد فكر الجيولوجيون وعلماء البحار منذ زمن طويل فى كيفية تكون الشعاب المرجانية والجزر المرجانية ، ولقد كانت النظرية التى وضعها تشارلز دارون عام ١٨٤٢ احدى النظريات الأكثر قبولا ، وطبقا لنظريته (نظرية الهبوط) فقد اقترح ثلاث مراحل لتكوين الشعاب المرجانية (شكل ١٠٤) ، ففى المرحلة الأولى تتكون شعاب ملاصقة للشاطىء عندما تنمو المرجانيات فى ماء ضحل قرب شاطىء احدى الجزر ، ومع مرور الزمن تهبط الجزيرة بالتدريج بينما تستمر المرجانيات فى التكاثر على قمم الشعاب ، وهكذا فان الشعاب تنمو ايضا بالتدريج الى أن تصبح مفصولة عن الجزيرة الهابطة ببحيرة ضحلة ، وهكذا يصبح لدينا « شعاب حاجزة » ،وفى المرحلة الأخيرة من افتراض دارون تتكون « شعاب حلقية Atolls » وهى شعاب لها شكل دائرى تقريبا وتحيط ببحيرة ، وهذه البحيرة تغطى تماما الجزيرة التى هبطت قمتها تحت مستوى البحر ٠

وهناك افتراض أكثر حداثة هو « نظرية تحكم المثالج » التى افترضها البروفيسور ر٠ ٠١ دالى بجامعة هارفارد عام ١٩١٠ ، وتقول بأن الشعاب الحاجزة والحلقية قد تكونت على جزر بركانية سبق أن تآكلت قمتها ، وذلك كنتيجة لتغيرات فى مستوى سطح البحر خلال العصر الجليدى ٠

ومن المؤسف أن أيا من النظريتين لا يعد كافيا لشرح كل تراكيب الشعاب المرجانية بشكل مرض ، ومن المعتقد أن الشعاب المرجانية قد تكونت نتيجة لكل من فرضى الهبوط والتحكم المثلجى ٠

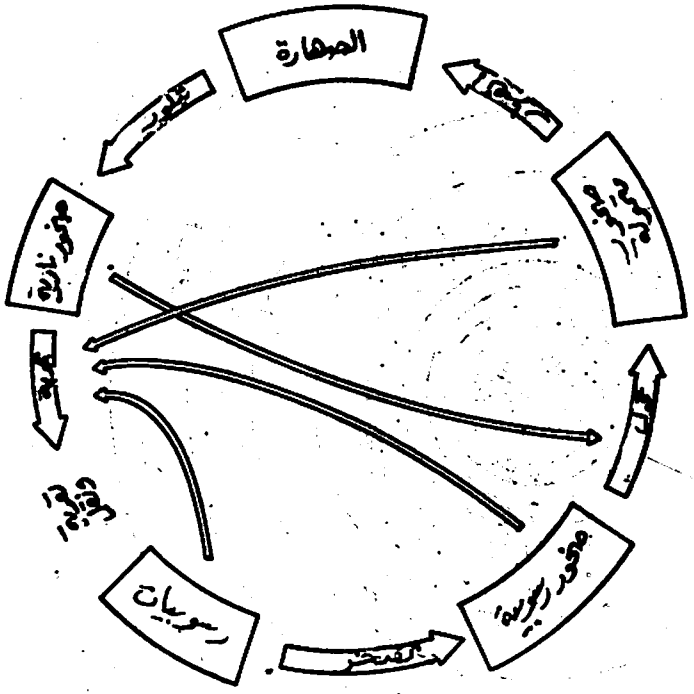


شكل (١). كواكب المجموعة الشمسية وعلاقتها بالشمس.

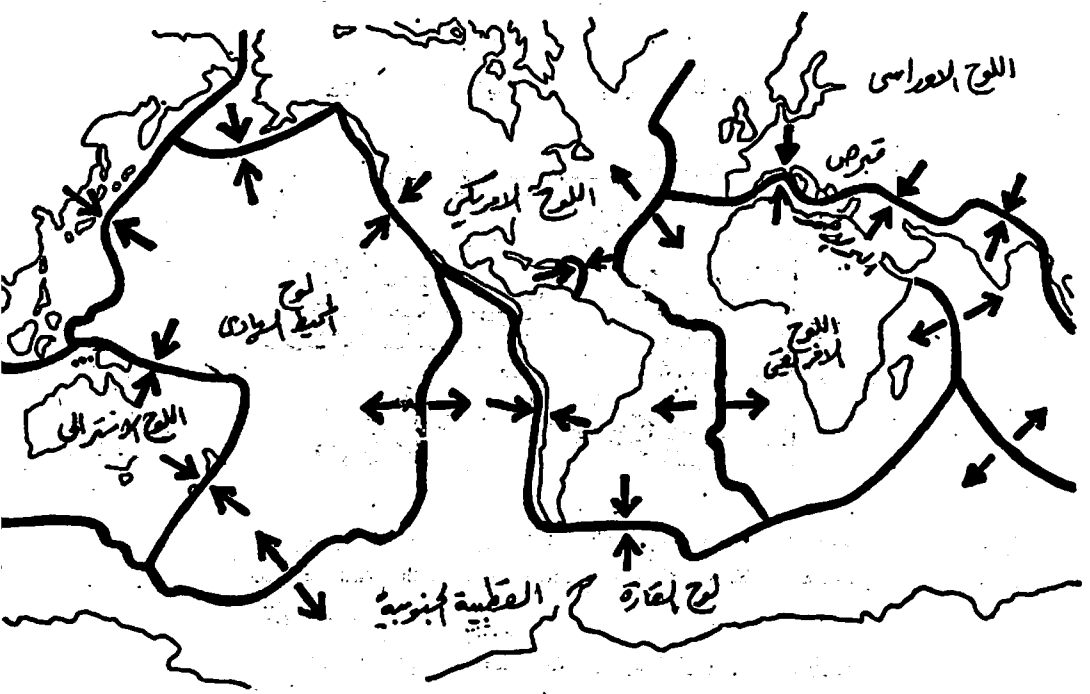


شكل (٢). قطاع تخطيطى فى القشرة الأرضية طوله حوالى ٦٥٠ كيلو متر، لاحظ السمك النسبى والكثافة (كما هو مبين بالأرقام) لكل من القشرة القارية والمحيطية.

.. [يراعى عند الطبع رسم الأشكال بأرقام حرف ا (أو١) إلى اليمين يليها الأشكال التى بحرف ب (أو٢) ثم جـ (أو ٣).. وهكذا].



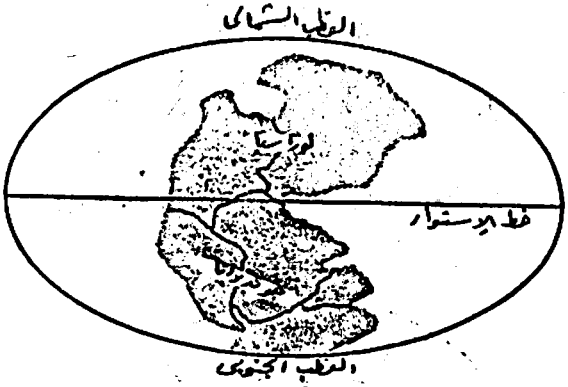
شكل (٣). دورة الصخور، ويلاحظ أنه إذا لم تنقطع فسوف تستمر كاملة على الحافة الخارجية للرسم، ويحدث أحيانا أن تنقطع الدورة (كما يبدو من الأسهم) لتعطى دورات صغيرة عند بعض المراجل على طريق الدورة.



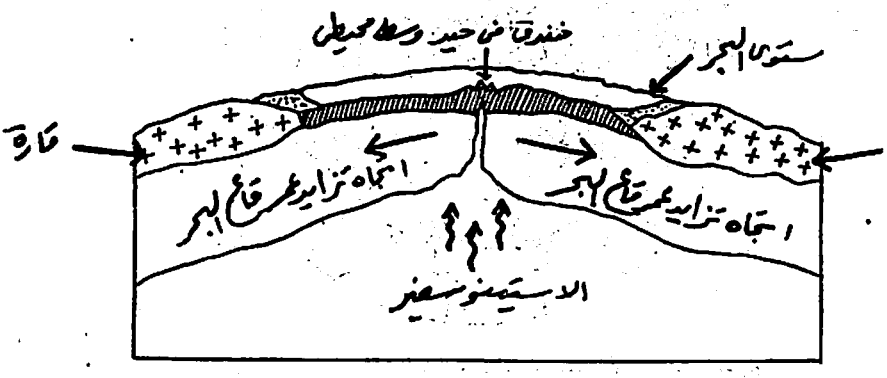
شكل (٤). خريطة للعالم تبين وضع الألواح واتجاه حركاتها والحيود المحيطية.

[ملحوظة: عند إعادة الرسم يوضع شكل ٥ إلى اليمين، شكل ٦ إلى اليسار].

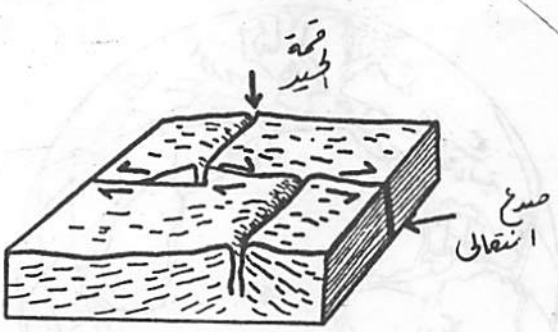
شكل (٥). التوافق المفترض بين افريقيا والامريكتين والقارات الأخرى قبل النزوح القارى.



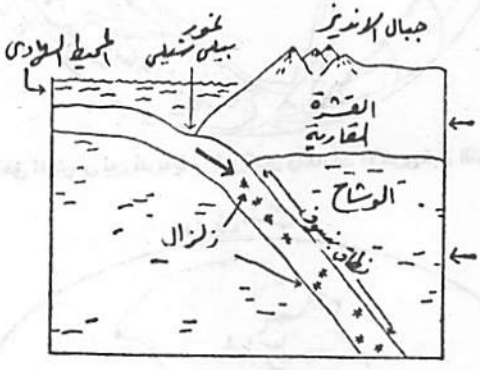
شكل (٦). قارة بانجيا الأم كما افترضها فيجنر، لاحظ وجود لوراسيا شمال خط الإستواء، وأرض جوندوانا وهى القارة الكبرى التى افترض وجودها.



شكل (٧). مركز توسع عند حيد وسط ـ محيطى، ويتكون قاع جديد للمحيط كلما خرجت الطفوح من الخندق فى الحيد المحيطى، وكلما ازداد عرض الخندق فإن قاع البحر يتحرك ويتزايد عمره فى اتجاه السهمين.

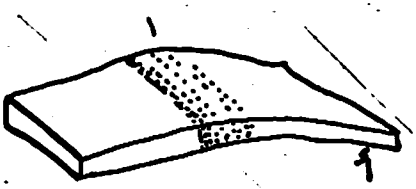


شكل (٨). صدع انتقالى يبين تغير وضع قمة الحيد المحيطى.



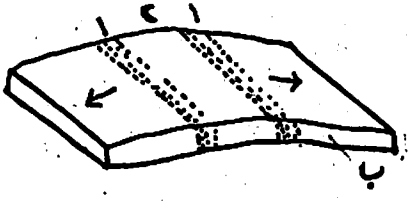
شكل (٩) نطاق الإنضواء والغور المحيطى قرب الشاطئ الغربى لأمريكا الجنوبية.

شكل (١٠). المواقع المختلفة للقطب المغناطيسى الأرضي (كما تبينها الأرقام) خلال الفترات المختلفة من الزمن الجيولوجى.



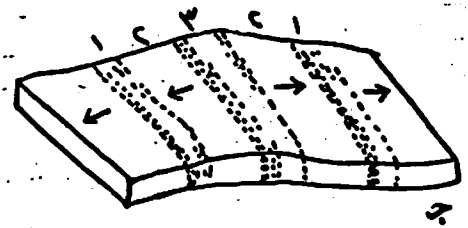
شكل (١١). قطاع تخطيطى فى قاع محيط فى حالة نمو وهو يظهر أشرطة من الصخور تكونت على طول قمة حيد محيطى:

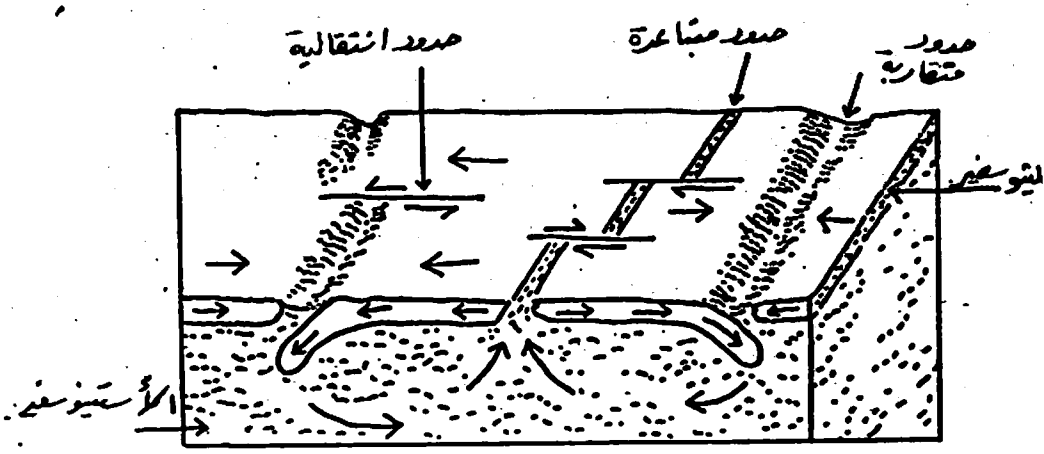
(أ)، الصخور عند ١ (المنطقة المظللة) ذات استقطاب عادى.



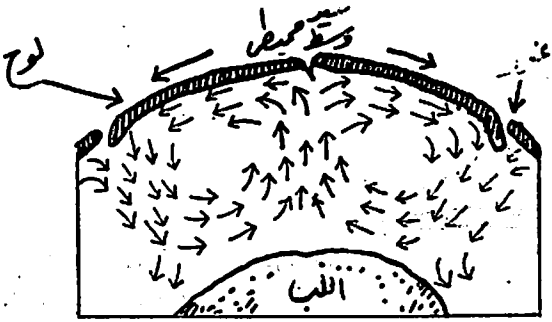
(ب) الصخور وقد انشقت وتحركت بعيداً عن القمة، وتكون عند القمة صخر جديد ٢ وهو ذو استقطاب معكوس.

(جـ) تحركت الصخور عند ٢ بعيداً عن القمة التى تكون عندها صخر جديد ٣ وهو ذا استقطاب عادى.

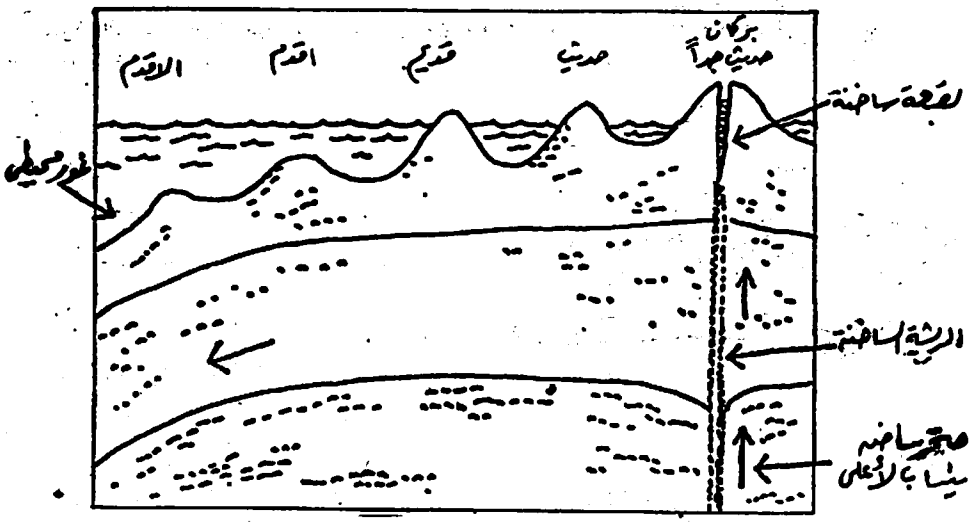




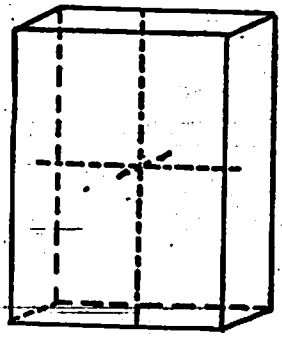
شكل (١٢). الأنماط الأساسية للحدود بين الألواح وعلاقتها بالليثوسفير والأستينوسفير.



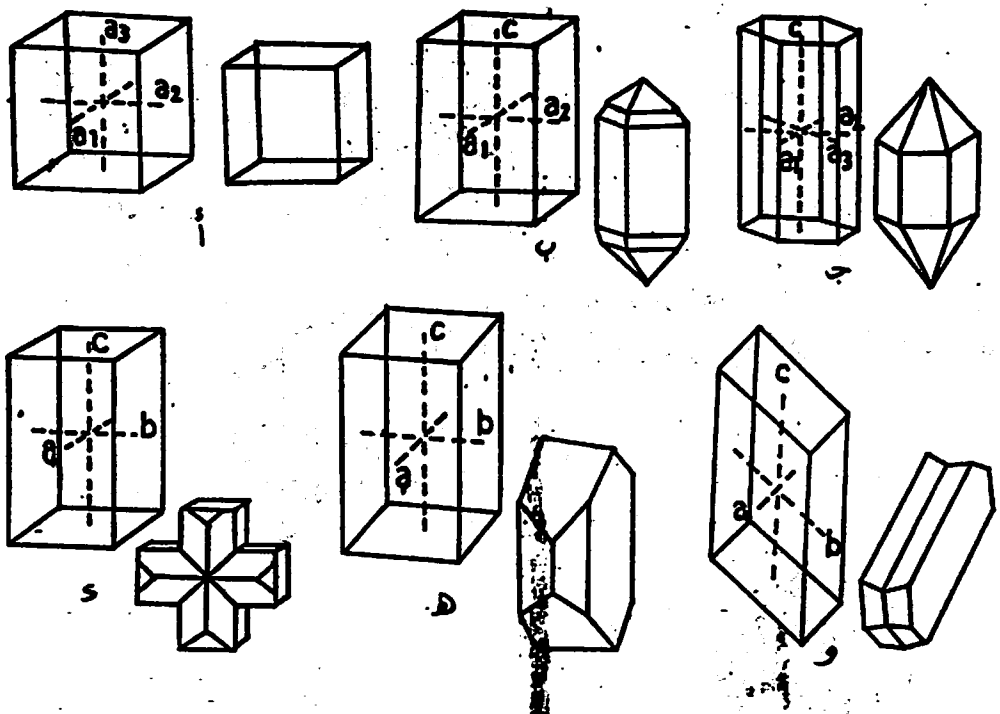
شكل (١٣). رسم تخطيطى يبين خلايا الحمل فى الوشاح وتوضح الأسهم دوران مادة الوشاح، لاحظ علاقة الدوران بالحيد الوسط ـ محيطى وبالقوس.



شكل (١٤). علاقات العمر فى البراكين الناتجة من مرور ليثوسفيرى على بقعة ساخنة، أثناء توسع قاع المحيط.

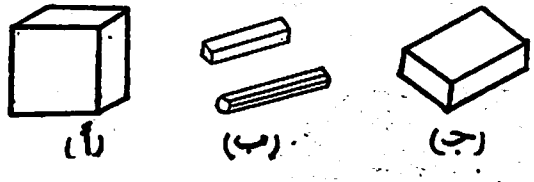


شكل (١٥). المحاور البلورية (وهى على شكل ثلاثة خطوط متقاطعة).



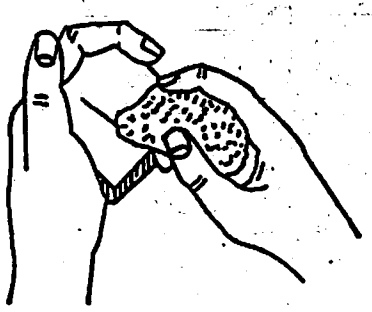
شكل (١٦) أمثلة للأنظمة البلورية الستة وبلورة نموذجية لكل نظام تظهر بها المحاور البلورية على شكل خطوط منقطة وتميز بحروف c.b.a :

(أ) المكعب (مثل الهاليت)، (ب) الرباعي (زيركون)، (جـ) السداسي (كوارتز)، (د) المعينى القائم (شتورواليت)، (هـ) أحادى الميل (أورثوكليز)، (و) ثلاثى الميل (البيت).

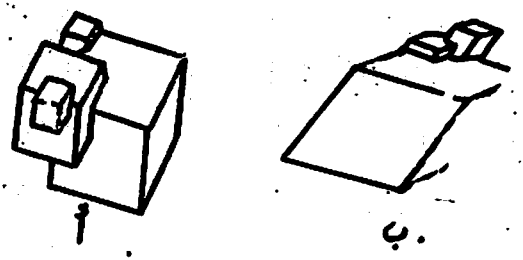


شكل (١٧). أنماط من الهيئات البلورية

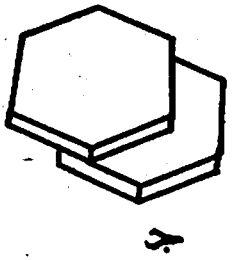
(أ) مكعب كامل. (ب) عمدانى. (جـ) منضدي.

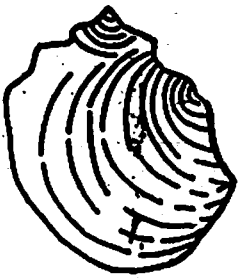


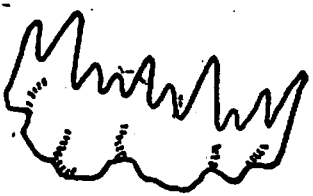
شكل (١٨). فحص المخدش بواسطة ملوح المخدش.

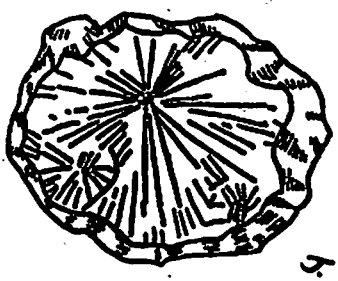


شكل (١٩). ثلاثة انواع من التشقق:
(أ) مكعب، (ب) معيني، (جـ) مسطوح قاعدي كامل.

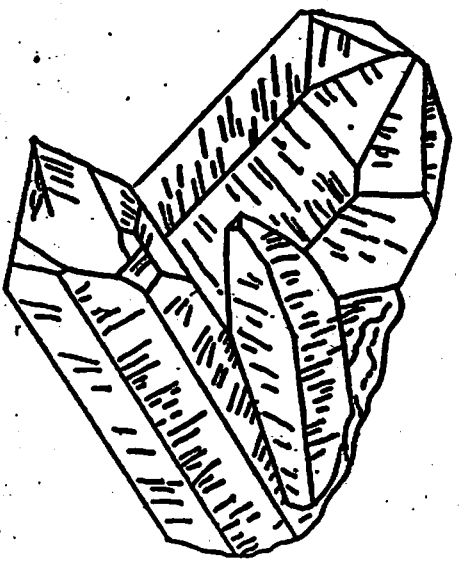




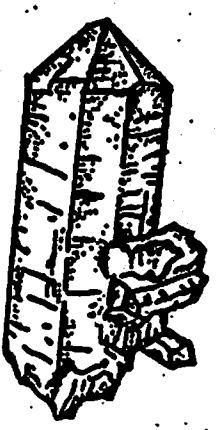




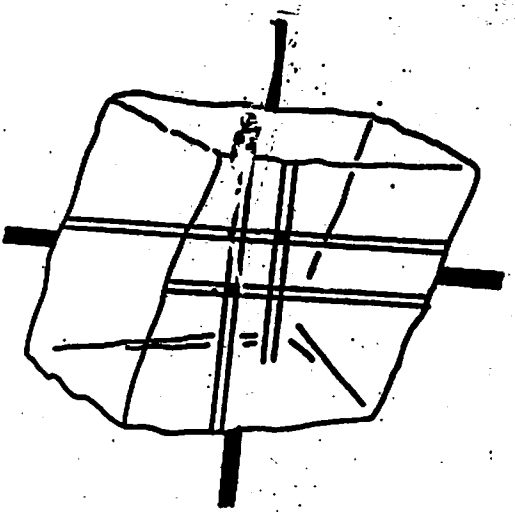
شكل (٢٠). بعض اشكال المكسر:
(أ) محاري، (ب) مشهرشر، (جـ) إبري.



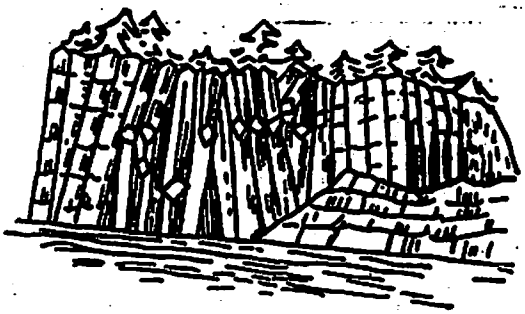
شكل (٢١). بلورات نامية من الكوارتز ذات شكل سداسي ونهايات هرمية.



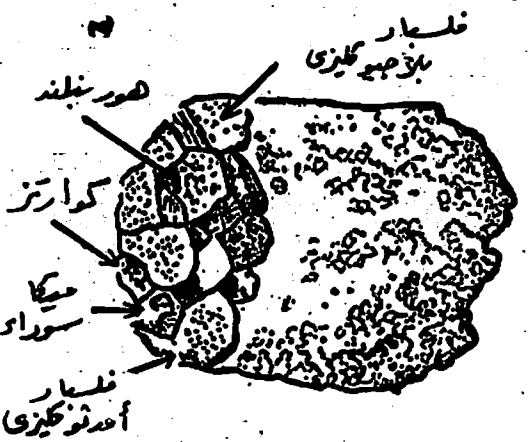
(٢٢): كوارتز على هيئة «البلور الصخرى».



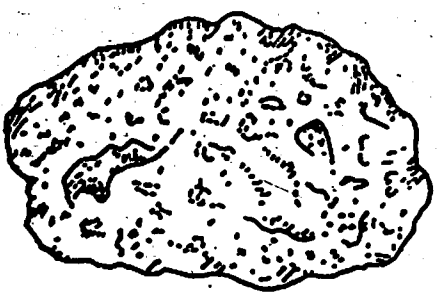
شكل (٢٣). بلورة من الكالسيت ذات شكل معينى وتظهر حالة المزدوج. الإنكسار



شكل (٢٥). التواصل العمدانية فى صخر البازلت.



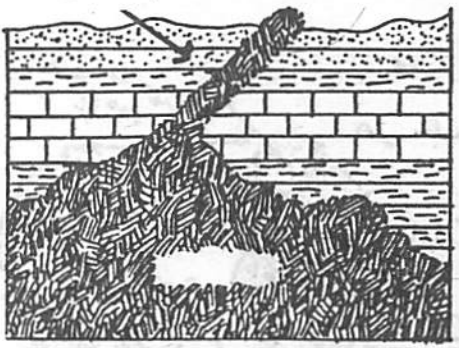
(٢٤). الجرانيت، وهو صخر نارى جوفى خشن النسيج.



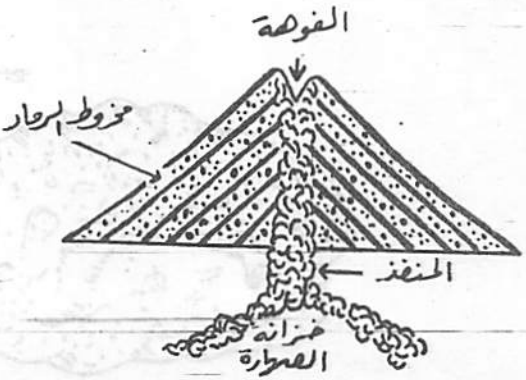
شكل (٢٦). حجر الخفاف، وهو نوع من الصخور البركانية الطفحية.

شكل (٢٧). الأوبسيديان، أو الزجاج البركانى.

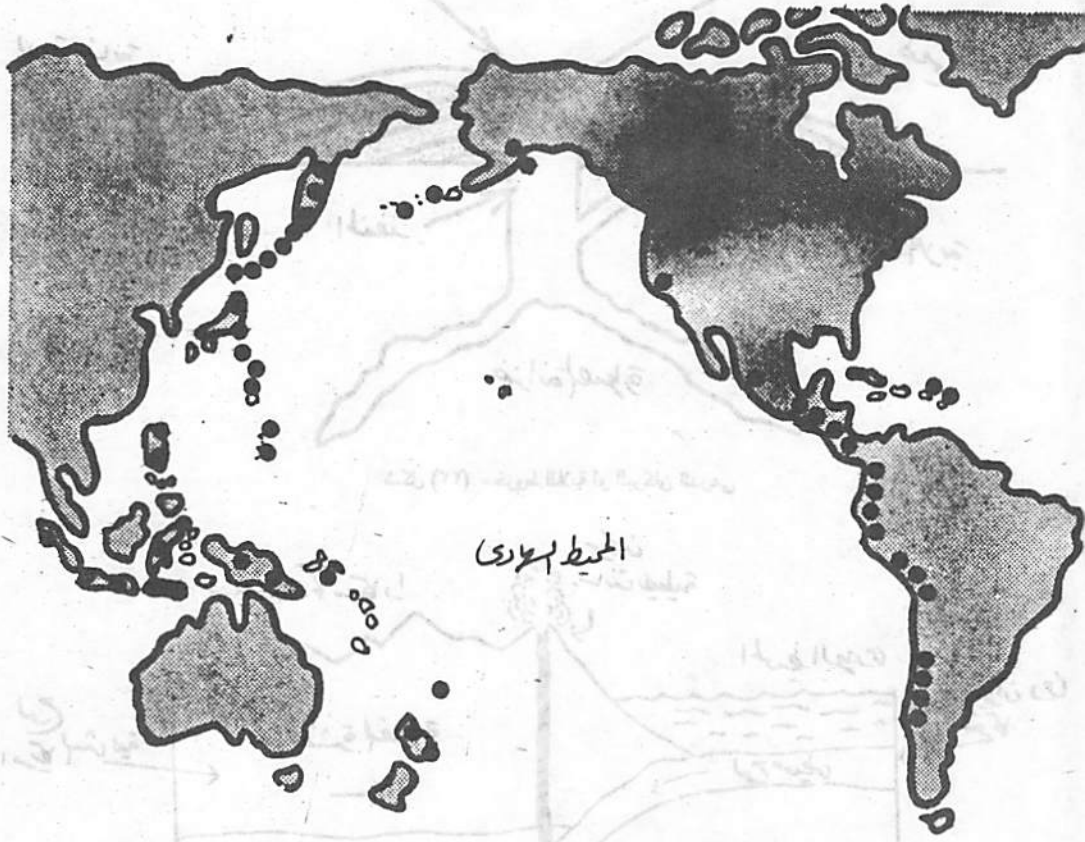
شكل (٢٨). صخر بورفيرى وبه بلورات ظاهرة فاتحة اللون فى أرضية داكنة.



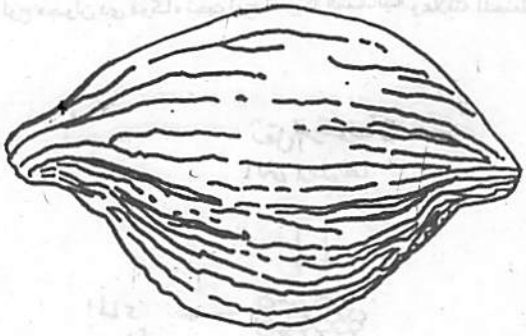
شكل (٢٩). جدة قاطعة من صخر نارى.



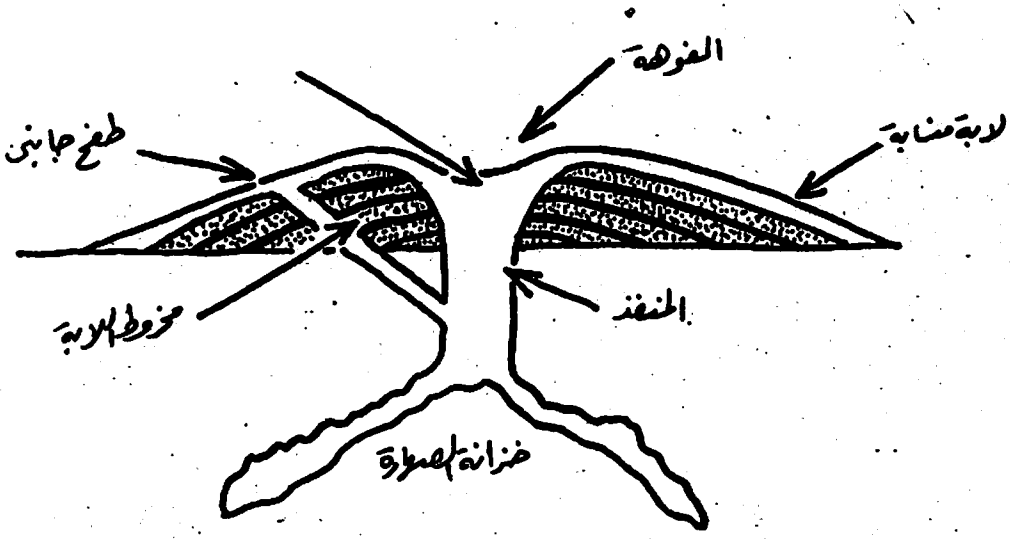
شكل (٣٠). مخروط بركانى له فوهة.



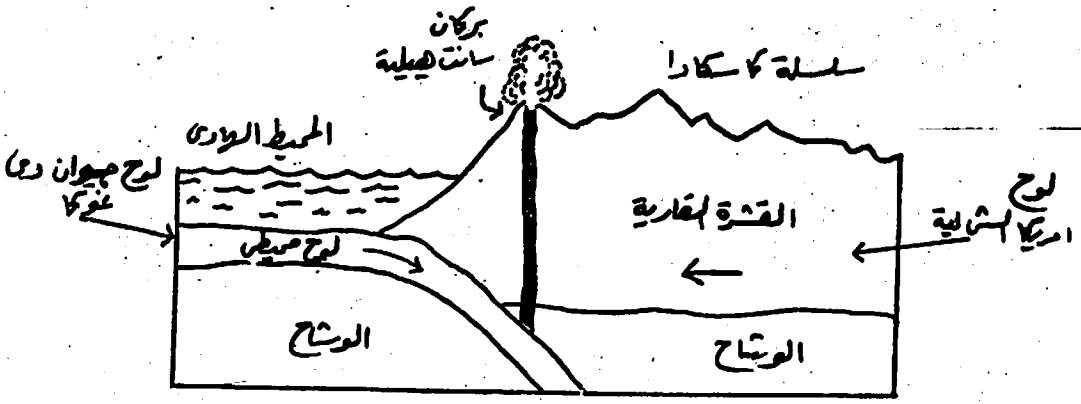
شكل (٣١). خريطة تبين توزيع أهم مناطق النشاط البركانى حول المحيط الهادى.



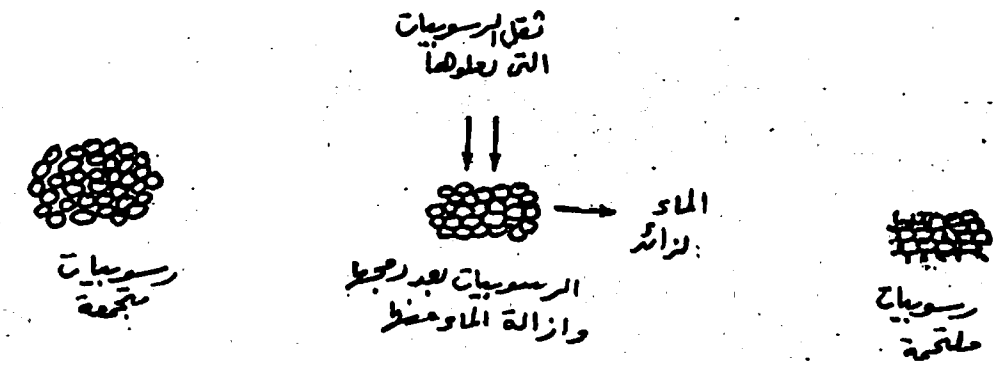
شكل (٣٢). قنبلة بركانية.



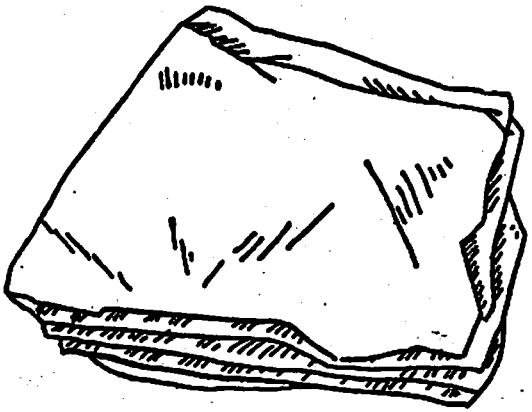
شكل (٣٣). مخروط اللابة او البركان الدرعى



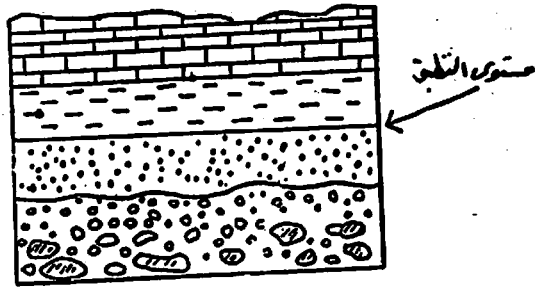
شكل (٣٤). انضواء لوح جوان دى فوكا، تحت لوح أمريكا الشمالية وعلاقته المحتملة مع بركان سانت هيلين.



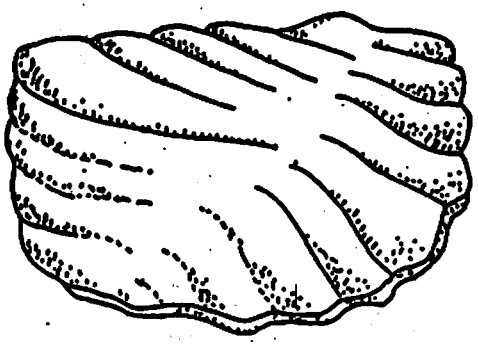
شكل (٣٥). كيفية تصخر الرسوبيات بالدمج والإلتحام لتتحول فى النهاية صخوراً رسوبية.



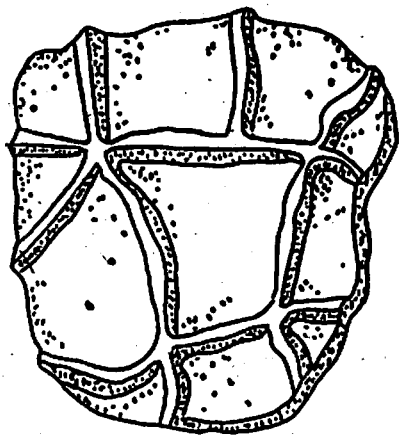
شكل (٣٦). طفلة صفحية تظهر مستويات التطبق.



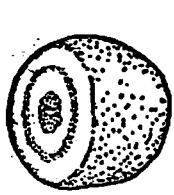
شكل (٣٧). قطاع تخطيطى فى طبقات من الصخور الرسوبية.



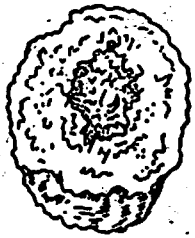
شكل (٣٨). علامات النيم على الحجر الجيرى.



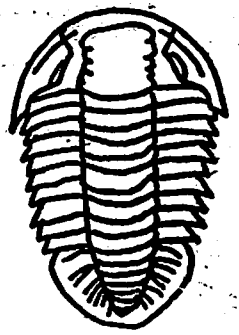
(٣٩). تشققات طينية محفوظة فى قطعة من الصخر.



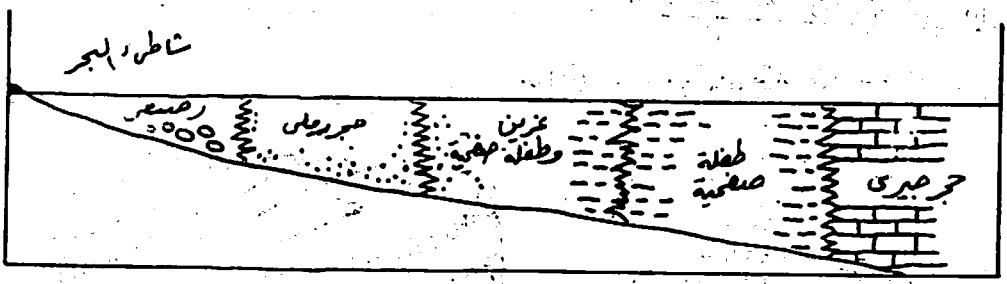
شكل (٤٠). درنة صخرية.



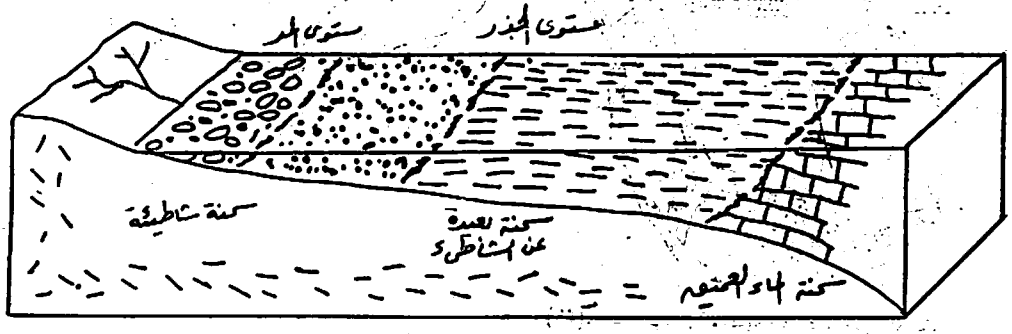
شكل (٤١). جيود مبطن من الداخل ببعض البلورات.



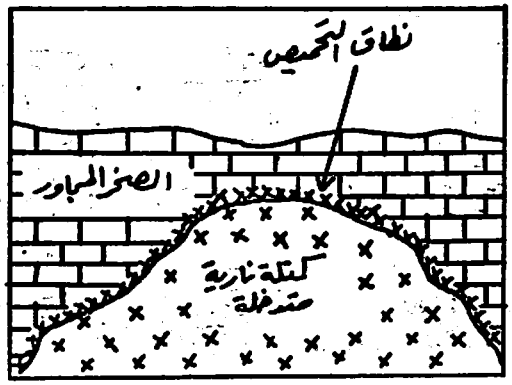
شكل (٤٢). ثلاثى الفصوص، وهو أحد الحفريات المميزة للحقب القديم.



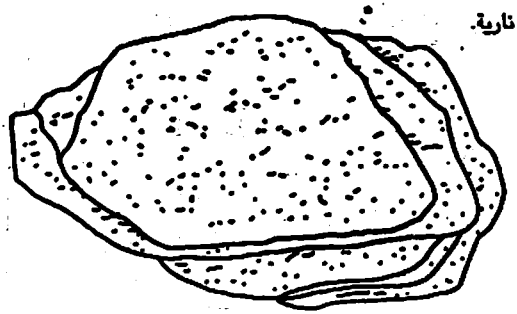
شكل (٤٣). قطاع راسى تخطيطى فى صخور رسوبية ناتجة من تصخر رسوبيات قديمة.



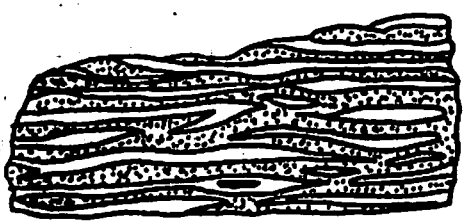
شكل (٤٤). قطاع تخطيطى عام للرف القارى والمنحدر القارى يبين أنماط السحنات الرسوبية.



شكل (٤٥). نطاق التحميص فى صخر مجاور تخللت فيه كتلة نارية.



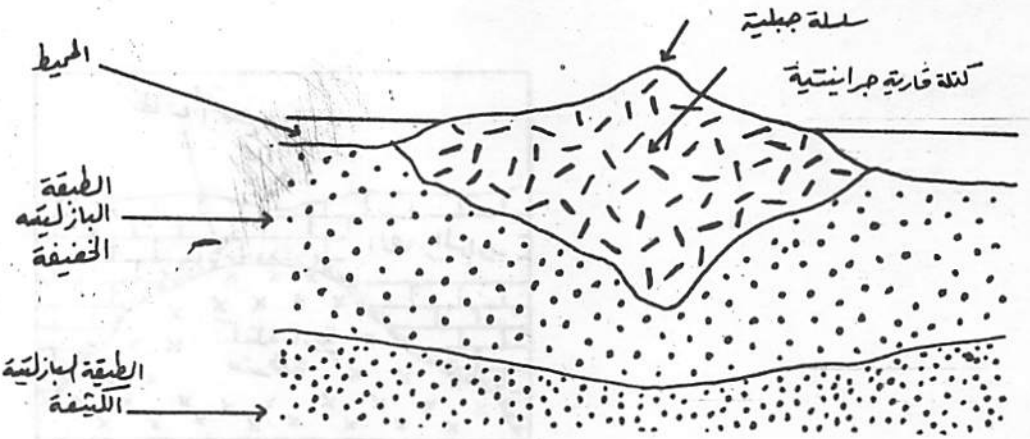
شكل (٤٦). الشيست، وهو صخر متحول يظهر به التورق.



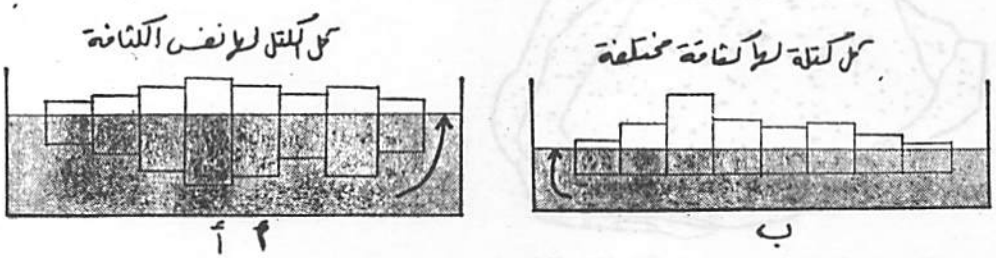
شكل (٤٧). النيس، وهو صخر متحول تظهر به أشرطة.

شكل (٤٨). تشوه طبقات الصخور الرسوبية.

(أ) صخور رسوبية لم تتأثر بأى تغير. (ب) تضاعف الفتى يسبب تكون ثنيات (تحدبات وتقعر).



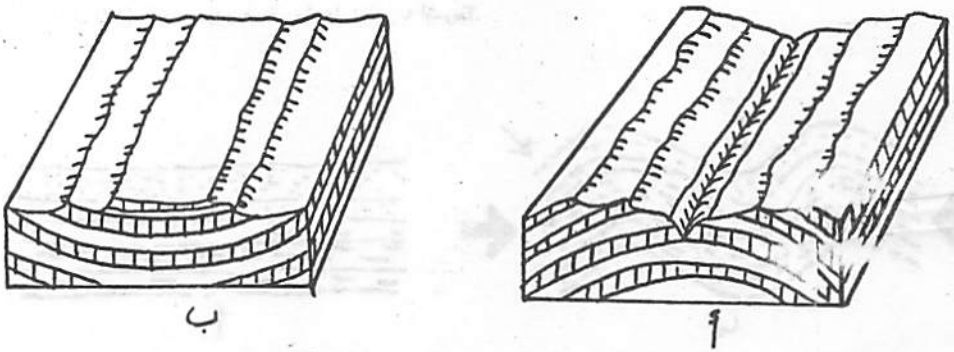
شكل (٤٩). الصخور الجرانيتية الخفيفة نسبياً والمكونة للقارة، وهى مستقرة فوق طبقة البازلت الأكثر كثافة.



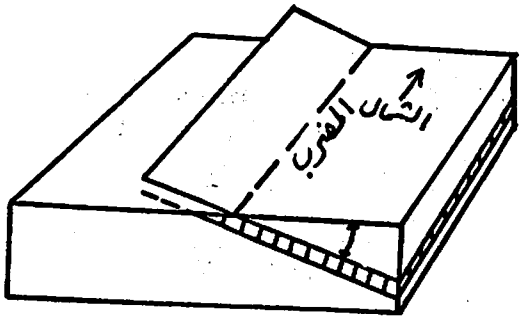
شكل (٥٠). يبين تفسيرين في نظرية التوازن:

(أ) تفسير «إيرى» ويفترض أن كل الكتل لها نفس الكثافة وتطفو فوق مادة أكثر كثافة.

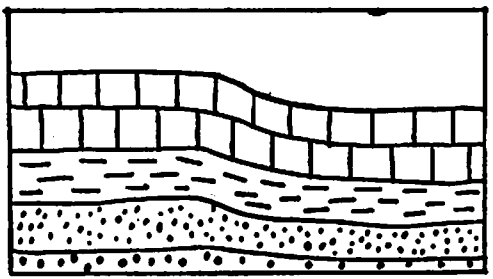
(ب) تفسير «برات» ويفترض وجود قشرة تتكون من مواد مختلفة الكثافة تطفو على مادة لها كثافة أكبر.



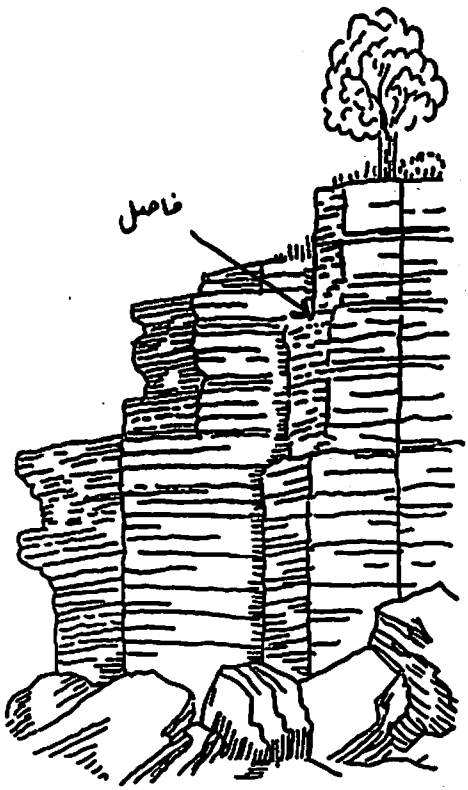
شكل (٥١) أنواع الطى: (أ) طية محدبة، (ب) طية مقعرة.



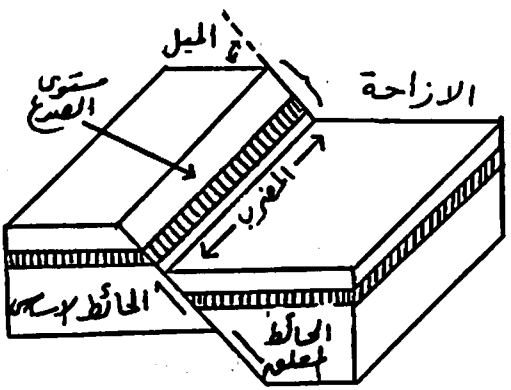
شكل (٥٢). المضرب والميل، ومضرب الطبقات فى اتجاه شمال ـ جنوب بينما ميلها فى اتجاه الشرق



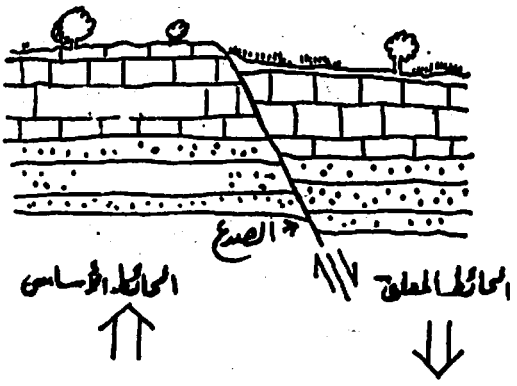
شكل (٥٣). طية وحيدة الميل.



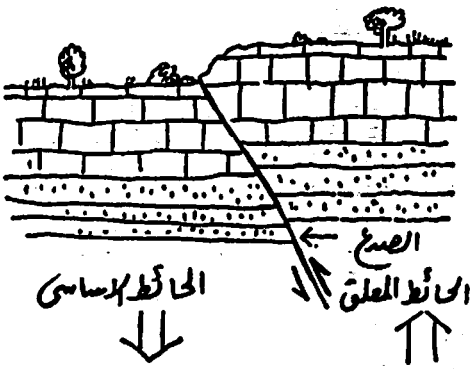
شكل (٥٤). فواصل راسية فى جرف من الحجر الجيرى.



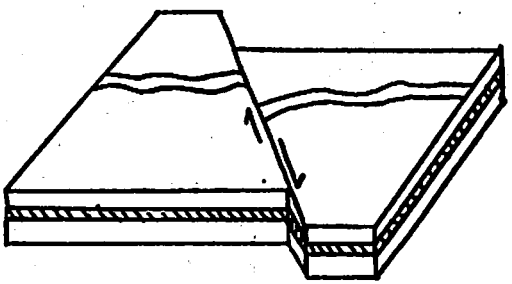
شكل (٥٥). صدع عادى مبينا عليه الأجزاء الرئيسية وأسمائها.



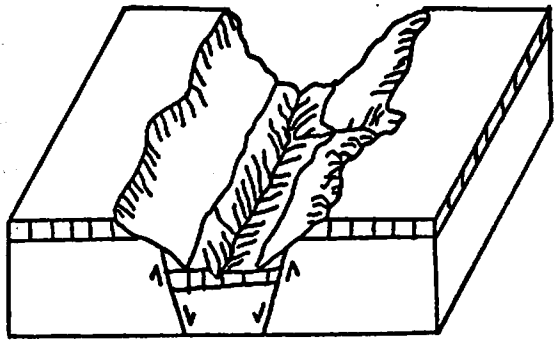
شكل (٥٦). صدع عادى تحركت فيه كتلة الحائط المعلق (إلى اليمين) إلى أسفل بالنسبة لكتلة الحائط الأساسى (إلى اليسار).



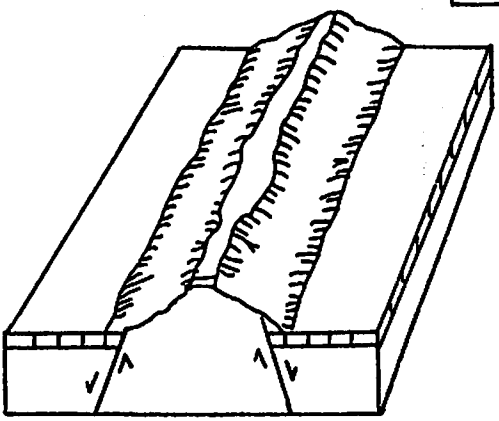
شكل (٥٧) الصدع المعكوس (او صدع الدسر) وفيه تحركت كتلة الحائط المعلق (إلى اليمين) إلى أعلى بالنسبة للحائط الأساسى (إلى السيار).



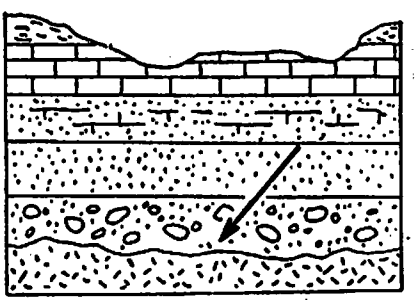
شكل (٥٨). صدع انزلاق مضربى لاحظ مقدار الإزاحة من مسار الطريق قرب مركز الكتلة).



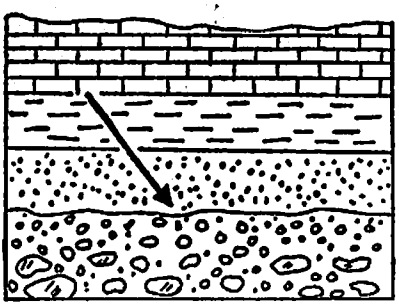
شكل (٥٩). الأخدود (أو الخندق).



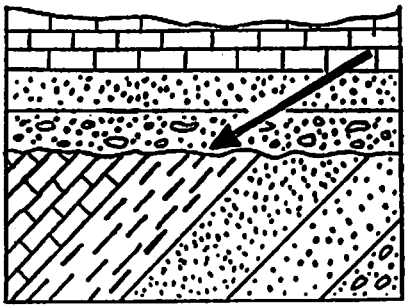
شكل (٦٠). النتق (أو الهورست).



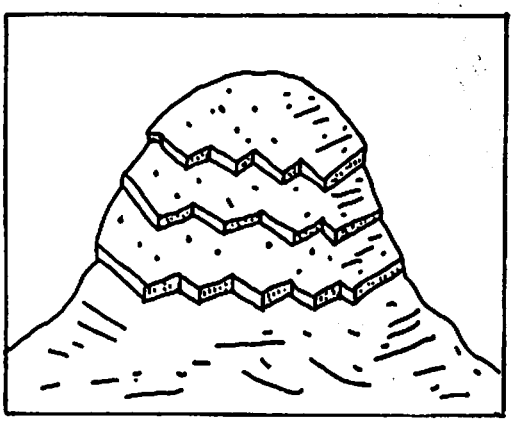
شكل (٦١). التباين، ويشير السهم إلى سطح التحات للصخر النارى والذى تعلوه طبقات رسوبية.



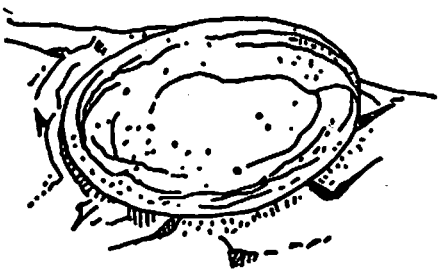
شكل (٦٢). التخالف، لاحظ توازى الطبقات فوق وتحت سطح عدم التوافق.



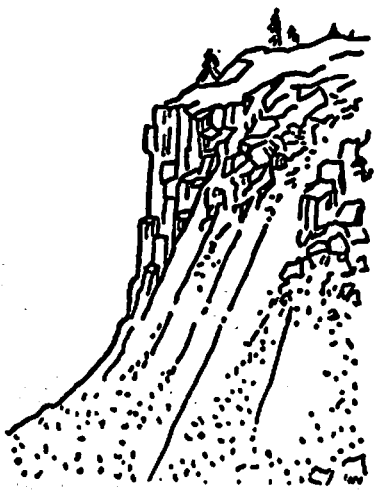
شكل (٦٣) . عدم توافق زاوى، لاحظ وجود الطبقات المائلة تحت طبقات افقية.



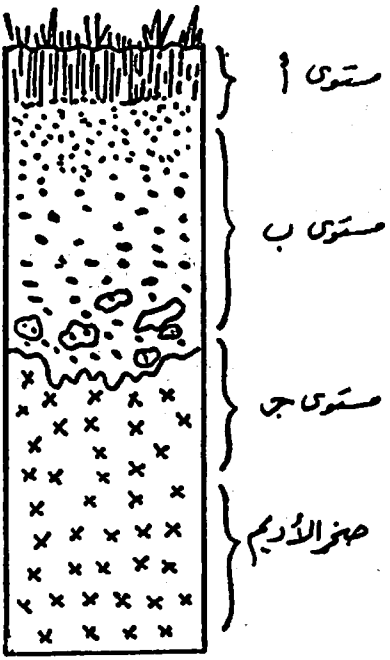
شكل (٦٤). قبة جرانيتية تكونت عن طريق التقشر.



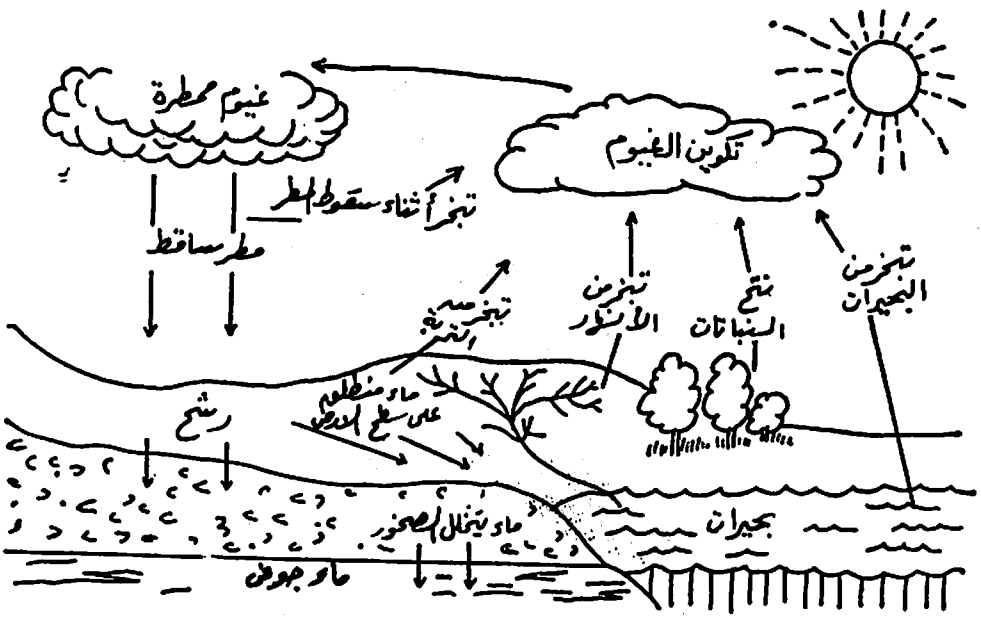
شكل (٦٥). جلمود صخرى يظهر تجوية شبه كروية.



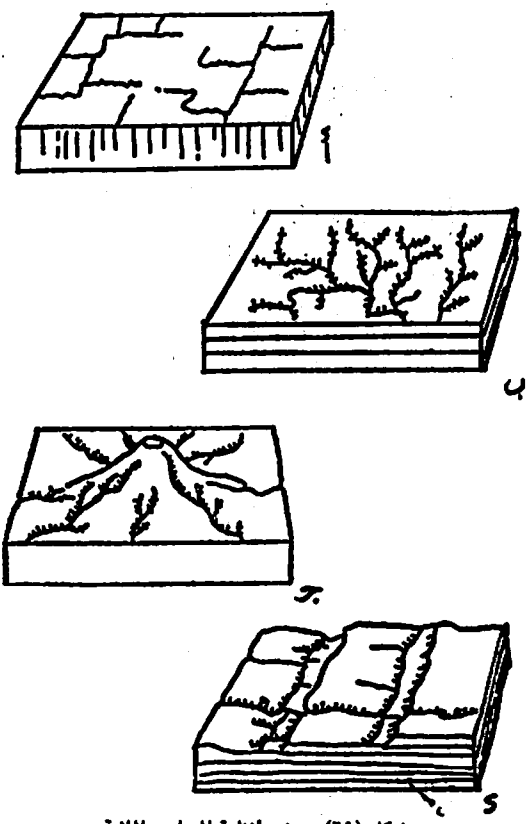
شكل (٦٦). ركام المنحدر الذى تكون من فتات صخرى مجرى على سفح الجرف.



شكل (٦٧). قطاع نموذجى فى التربة يوضح وضع المستويات أ، ب، جـ.

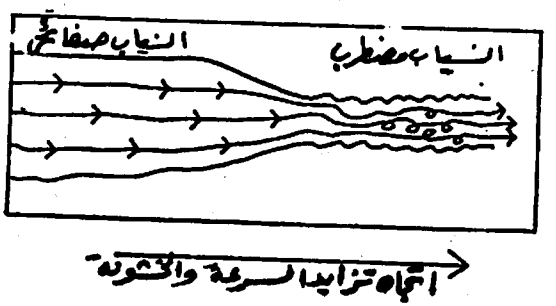


شكل (٦٨). الدورة الهيدرولوجية.

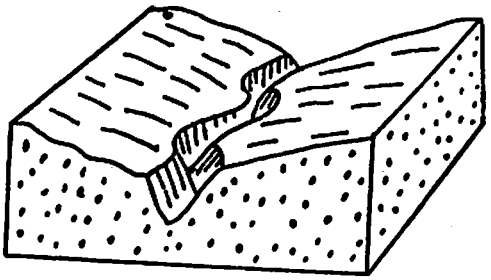


شكل (٦٩). بعض انظمة المجارى المائية:

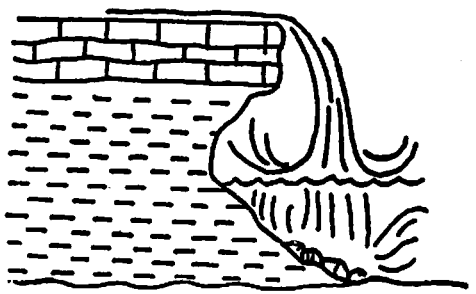
(أ) قائم الزاوية، (ب) شجرى، (جـ) شعاعى (د) عريشى..



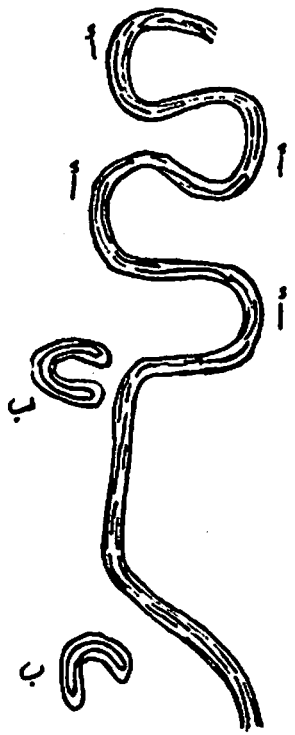
شكل (٧٠) منظر سطحى لقناة نهر واسعة ملساء (إلى اليسار) تتدرج إلى قناة ضيقة خشنة (إلى اليمين) وبذلك يتحول الإنسياب الصفائحى إلى انسياب مضطرب، ويبين اتجاه الخطوط المسار الذى تتبعه جزئيات الماء.



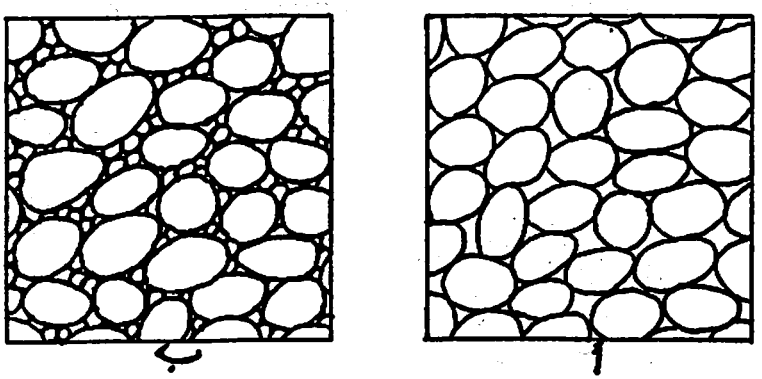
شكل (٧١). وادى نهرى يشبه مقطعه الرقم (٧) وقد نتج عن تحات نهرى.



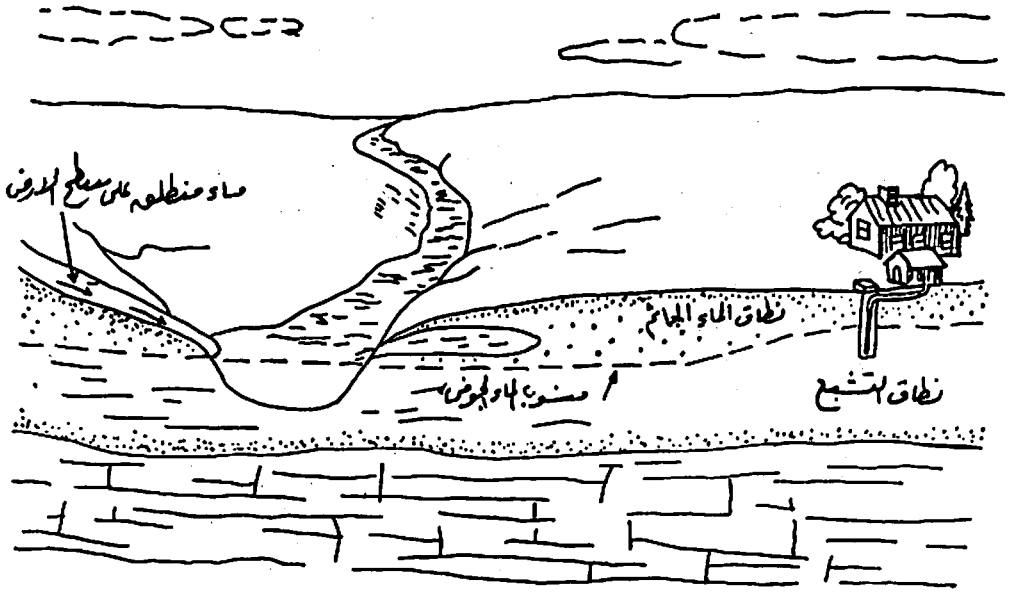
شكل (٧٢). قطاع تخطيطى فى شلال (لاحظ مقاومة الحجر الجيرى الذى يكون الطبقة العليا).



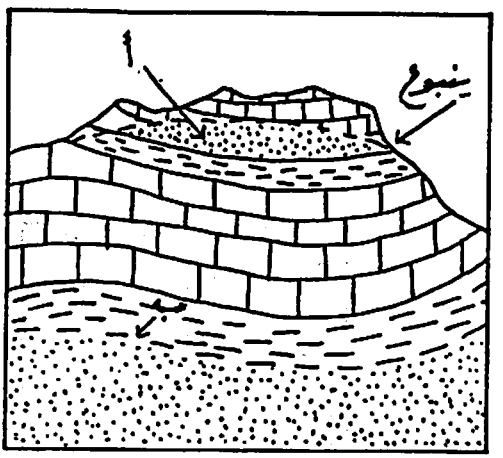
شكل (٧٣) (أ) المنعطفات النهرية، (ب) البحيرات القوسية.



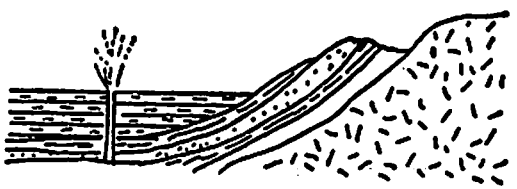
شكل (٧٤). المسامية فى الصخور الرسوبية، ويلاحظ ان مسامية الصخر (أ) أكبر منها فى الصخر (ب)، وذلك لأن حبيبات الصخر الأول متساوية فى الحجم، اما فى الصخر الثانى فإن الحبيبات الصغيرة تملأ الفراغات التى بين الحبيبات الكبيرة وبذلك تقلل من المسامية.



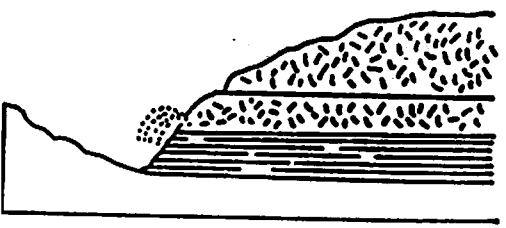
شكل (٧٥). قطاع تخطيطي يبين علاقة منسوب الماء الجوفي بنطاق الماء الجاثم ونطاق التشبع.



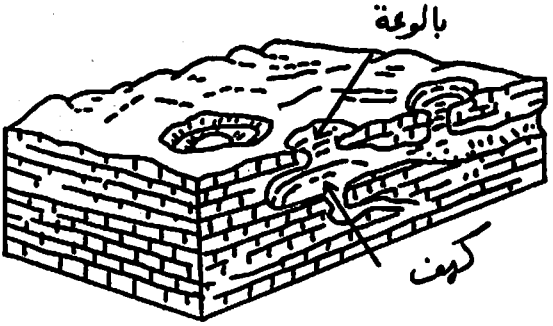
شكل (٧٦) منسوب الماء الجاثم (أ) ، أما منسوب الماء الجوفي فيقع عند (ب).



شكل (٧٧) . بئر ارتوازي.

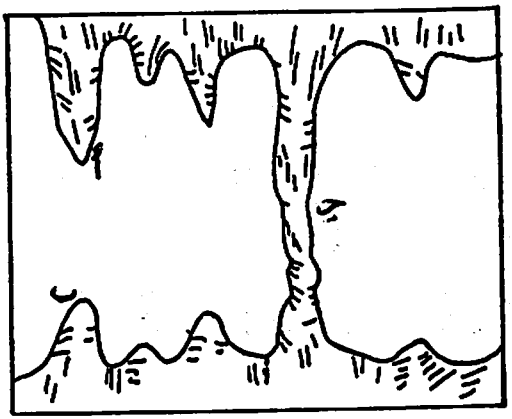


شكل (٧٨). ينبوع على سطح جبل وتمر مياهه من خلال مستوى طبقي.

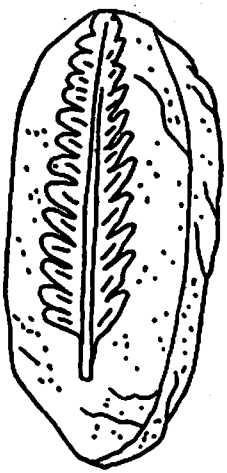


شكل (٧٩). تكوين المغارات والبالوعات فى منطقة تضاريس الكارست.

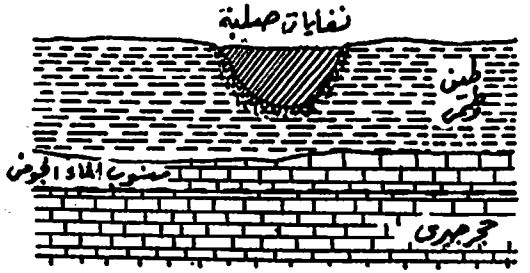
شكل (٨٠). قنطرة طبيعية.



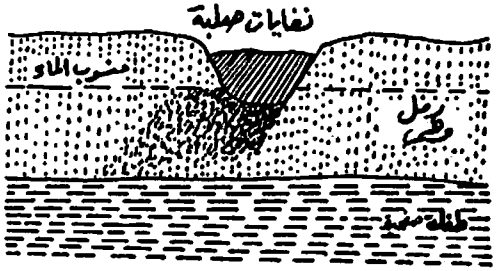
شكل (٨١). تكوينات الكهوف. ا ـ إحدى الهابطات، ب ـ إحدى الصاعدات، جـ ـ عمود.



شكل (٨٢). حفرية لورقة نبات سرخسى فى درنة من الحجر الجيرى.

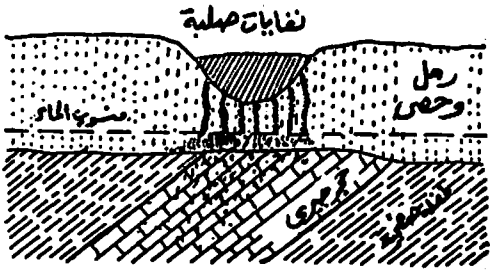


أ



ب

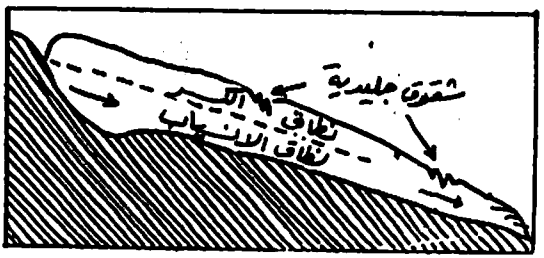
جـ



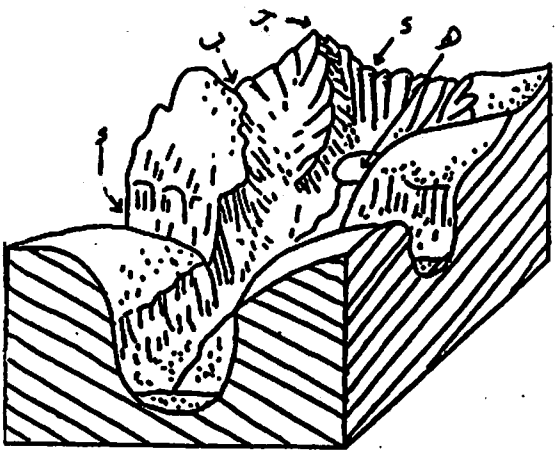
د

شكل (٨٣). العلاقة بين اختيار اماكن التخلص من النفايات والظروف الجيولوجية تحت سطح الأرض، لاحظ انه باستثناء الحالة ا (حيث تقع صخور غير منفذة تحت مكان النفايات)، فإنه فى الحالات الثلاث الأخرى حدث تلوث للمياه الجوفية من سوائل النفايات التى وصلت إلى منسوب الماء الجوفى من خلال الصخور المنفذة.

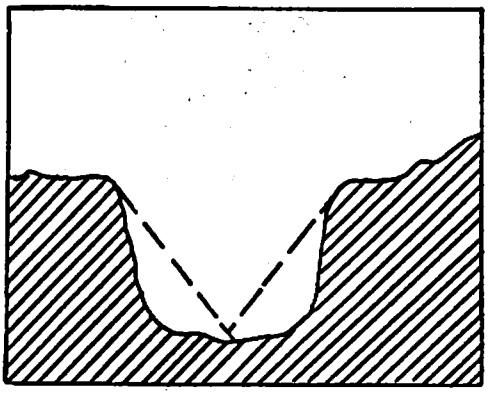
شكل (٨٤). توزيع الملاءات الجليدية فى امريكا الشمالية فى فترة البليستوسين.



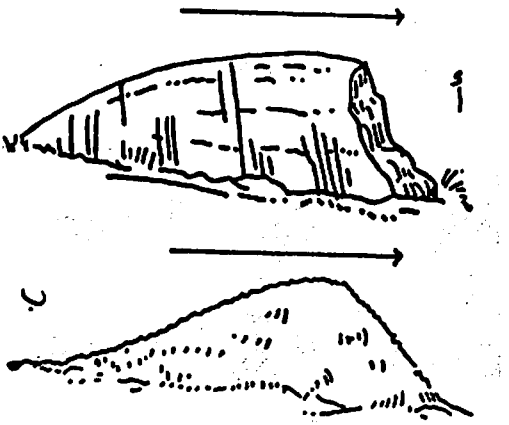
شكل (٨٥). قطاع نمطى فى مثلجة الوادى.



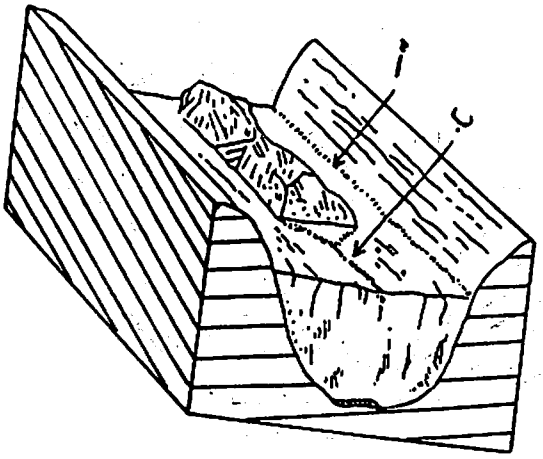
شكل (٨٦). ملامح نشأت فى مثلجة الوادى:
(أ) وادى معلق، (ب) كولة او ممر، (جـ) قرن، (د) منخفض مثلجى.
(هـ) بحيرة جبلية.



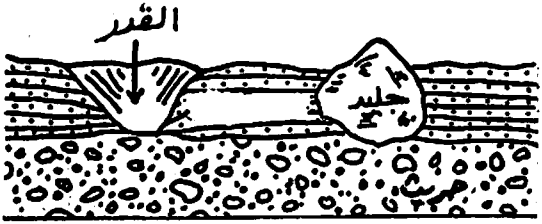
شكل (٨٧). غور مثلجي أو وادي على شكل حرف U (الخطان المتقطعان يمثلان قطاعاً في الوادي قبل مرور المثلجة).



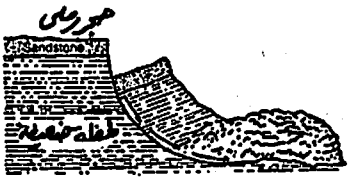
شكل (٨٨). أ ـ «روش موتونيه» أو صخرة الخروف ب ـ الدروملين (السهمان يشيران إلى اتجاه حركة الجليد).



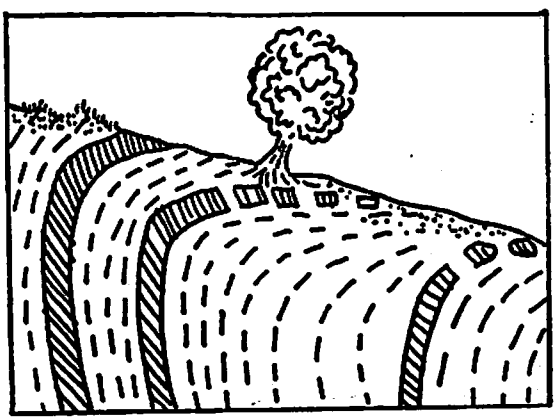
شكل (٨٩). قطاع تخطيطي في مثلجة الوادي: أ ـ ركام جانبي، ب ـ ركام وسطي.



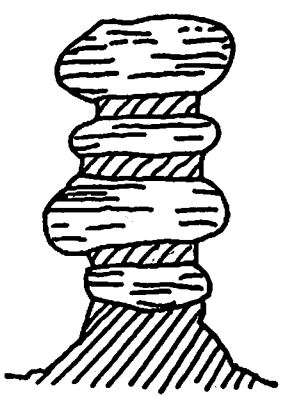
شكل (٩٠) تكوين فراغ على شكل قِدْر فى رسوبيات الاكتساح، وإلى اليمين كتلة من الجليد مازالت مدفونة فى هذه الرسوبيات وقد تنصهر ويتكون قدر جديد.



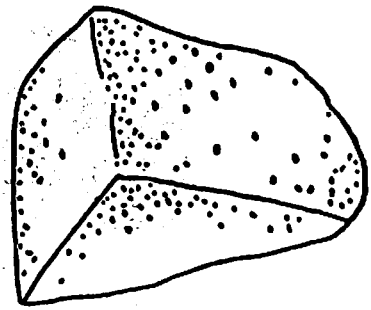
شكل (٩١). كتلة هابطة (لاحظ الشكل المقعر لسطح الانزلاق تحت الاسهم).



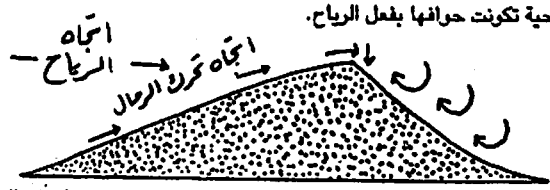
شكل (٩٢). زحف التربة، لاحظ انتقال الطبقات فى اتجاه أسفل المنحدر مما سبب ميل الشجرة.



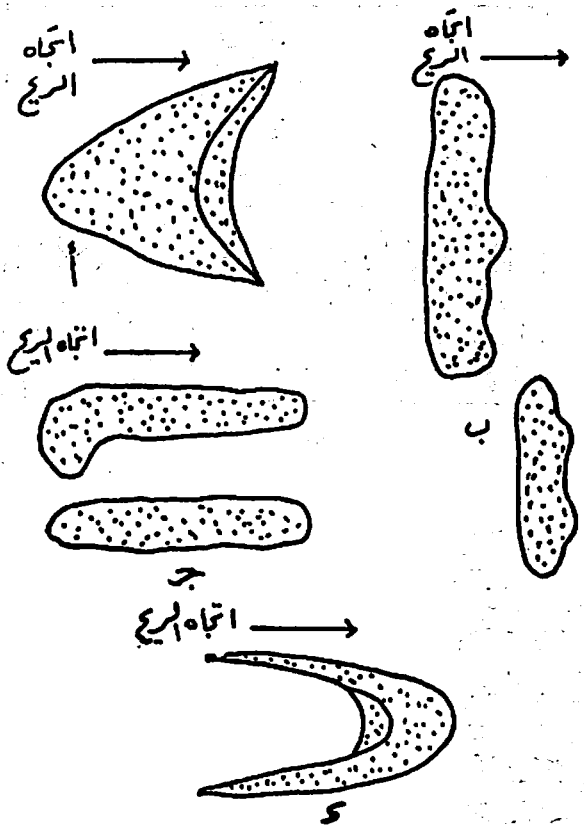
شكل (٩٣). عمود من الصخور تكون بفعل التجات الريحى.



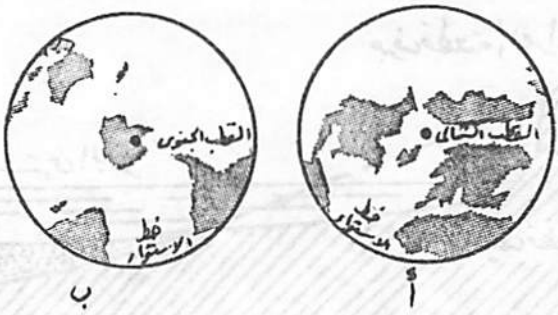
شكل (٩٤). حصوة ريحية تكونت حوافها بفعل الرياح.



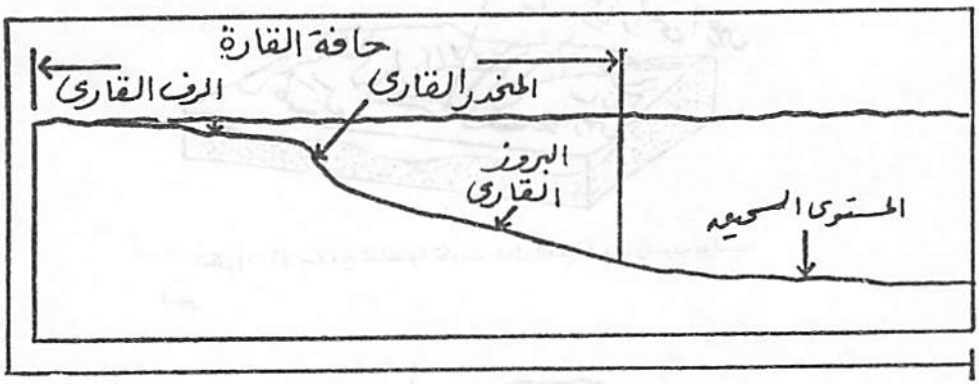
شكل (٩٥). منظر جانبى لنموذج من الكثيب الرملى، وتشير الأسهم إلى اتجاه مرور تيارات الرياح.



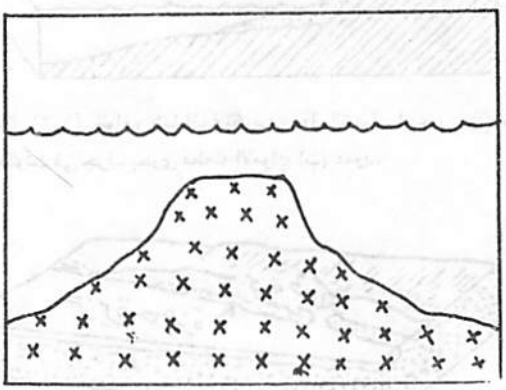
شكل (٩٦). انماط الكثبان الرملية، وتدل الأسهم على الإتجاه السائد للرياح: أ ـ برخان (كثيب هلالى)، ب ـ كثيب مستعرض، جـ ـ كثيب طولى. د ـ كثيب هلالى معكوس.



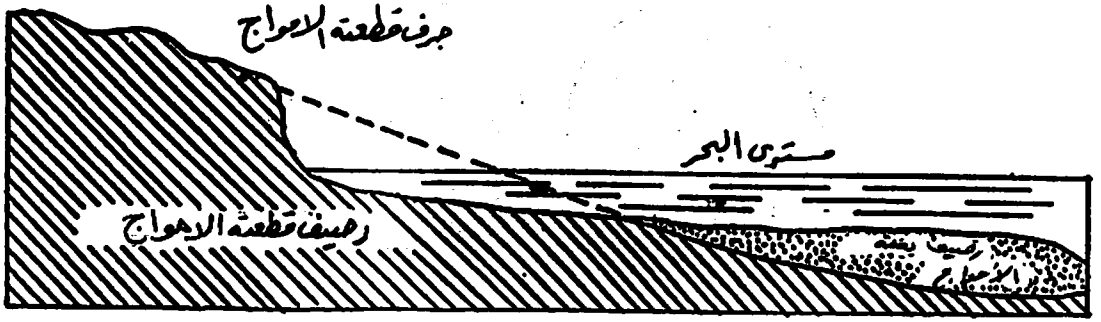
شكل (٩٧) . يبين تجمع معظم مناطق اليابسة شمال خط الإستواء (أ) ، ولذلك فقد سمى نصف الكرة الجنوبى (ب) باسم «النصف المائى».



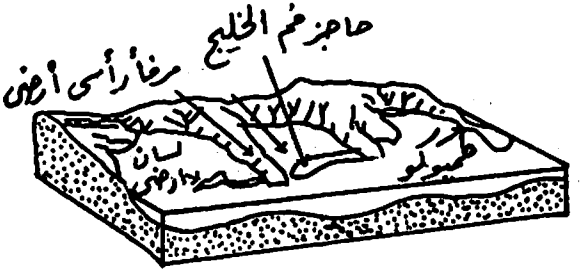
شكل (٩٨). قطاع تخطيطى فى قاع المحيط يبين العناصر الرئيسية للتضاريس.



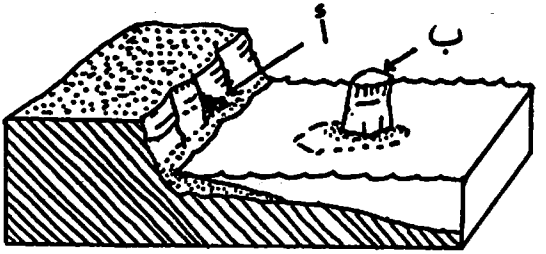
شكل (٩٩) . تل «الجايو»، وهذا التركيب مغطى فى العادة بما يقرب من ٩٠٠ إلى ١٨٠٠ متر من ماء البحر.



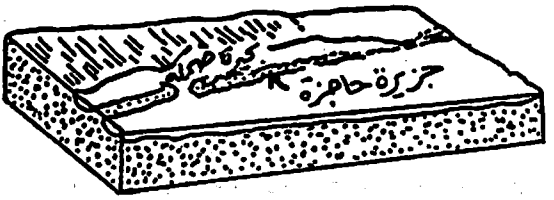
شكل (١٠٠). الملامح التى تتكون بفعل التحات والترسيب البحرى.



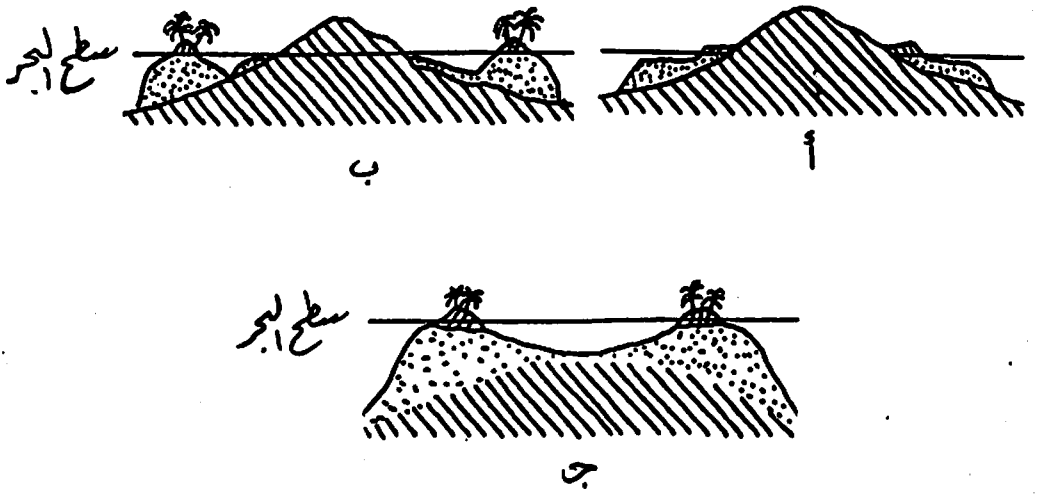
شكل (١٠١). ملامح شاطئية تكونت بفعل التحات والترسيب بواسطة البحر.



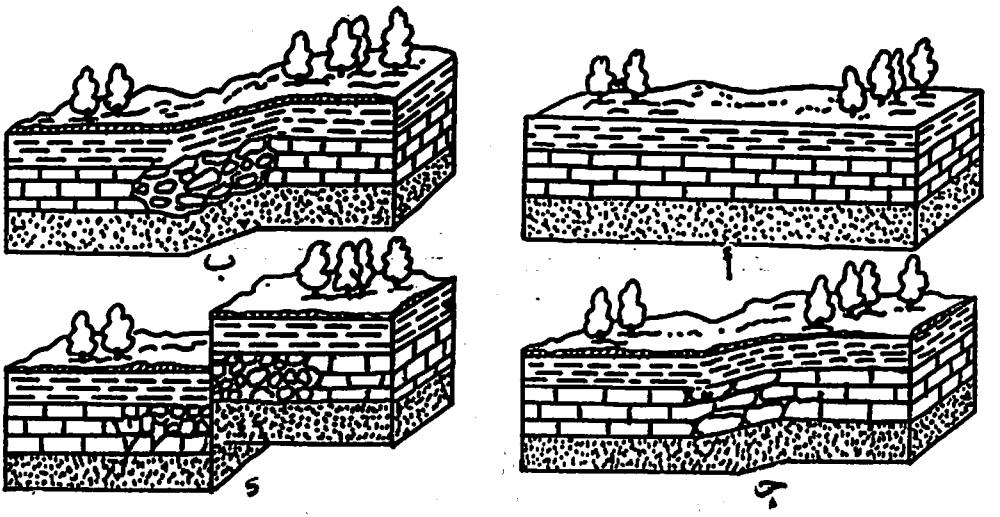
شكل (١٠٢) ظواهر شاطئية تكونت بفعل التحات البحرى (أ) مغارة بحرية تكونت فى جرف بحرى قطعته الأمواج (ب) عمود.



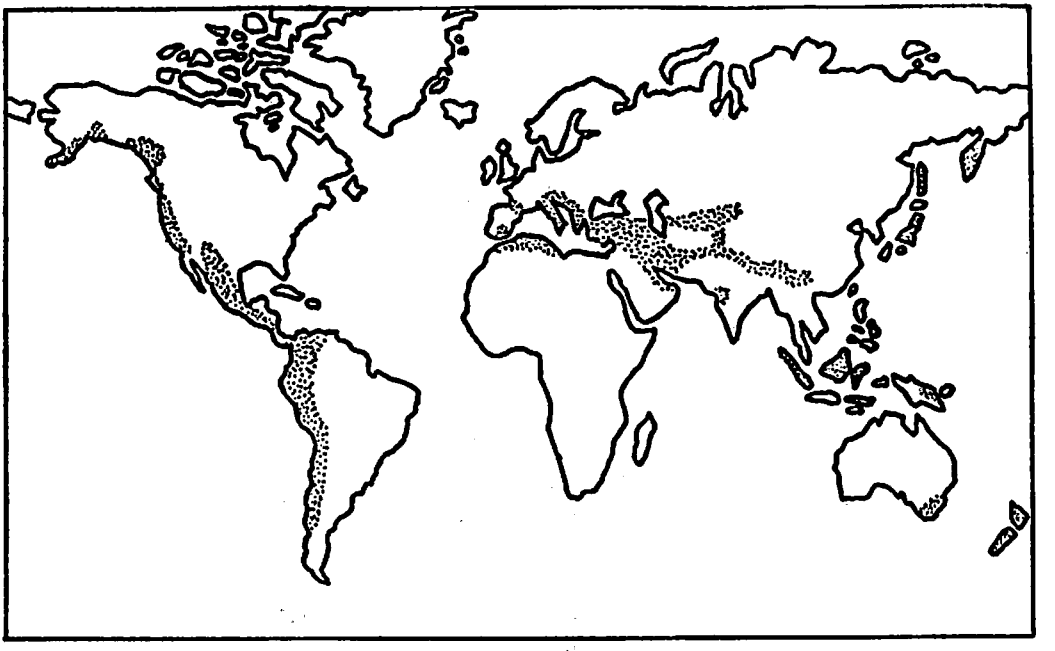
شكل (١٠٣). جزيرة عاجزة وبحيرة شاطئية ضحلة.



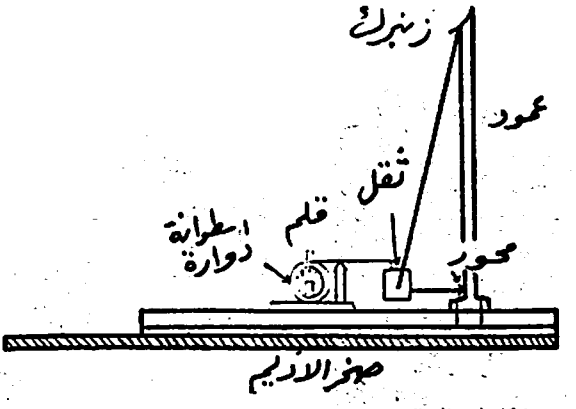
شكل (١٠٤). مراحل تكوين الشعاب المرجانية حسب نظرية الهبوط التى وضعها داروين: أ ـ شعاب ملاصقة، ب ـ شعاب حاجزة، جـ ـ شعاب حلقية.



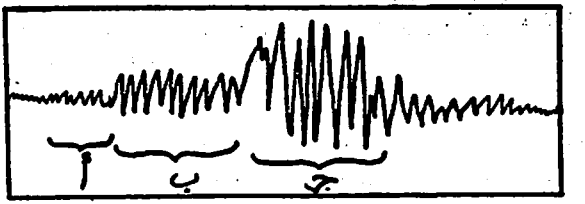
شكل (١٠٥). قطاع مجسم فى مجموعة صخرية: فى (أ) شكل المجموعة قبل التعرض للضغط مباشرة، وفى (ب)، (جـ) أدى الضغط لتشوه الصخور، ثم فى (د) حدث صدع مع انطلاق طاقة أدت إلى حدوث زلزال.



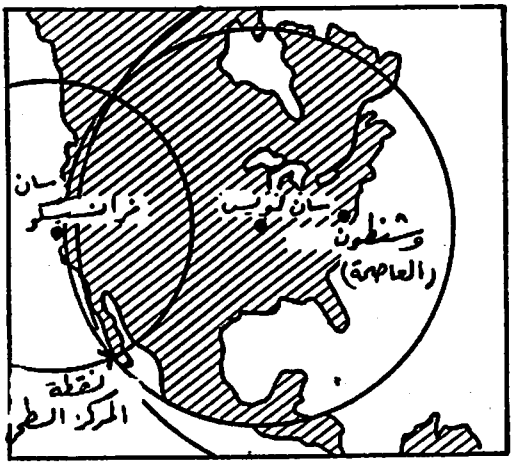
شكل (١٠٦). توزيع أحزمة الزلازل الرئيسية فى العالم، وتمثلها المناطق المظللة.



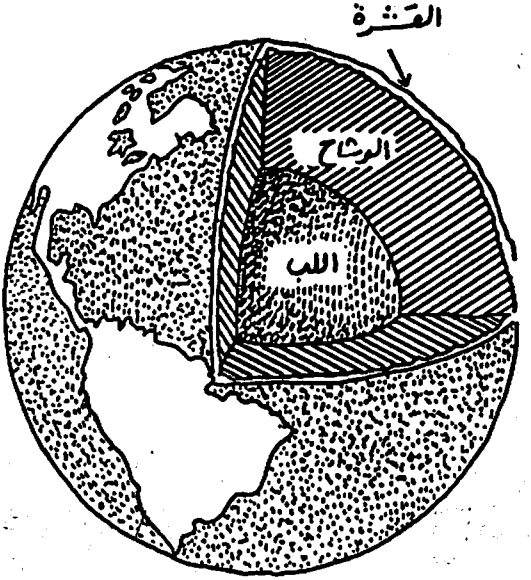
شكل (١٠٧). السيزموجراف وهو جهاز تسجيل اهتزازات الأرض



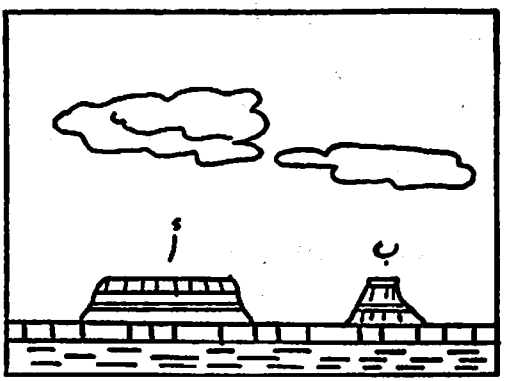
شكل (١٠٨). السيزموجرام، وهو رسم يبين تسجيلا لهزة أرضية بواسطة جهاز السيزموجراف: (أ) موجات أولية P (ب) موجات ثانوية S، (جـ) موجات طولية L



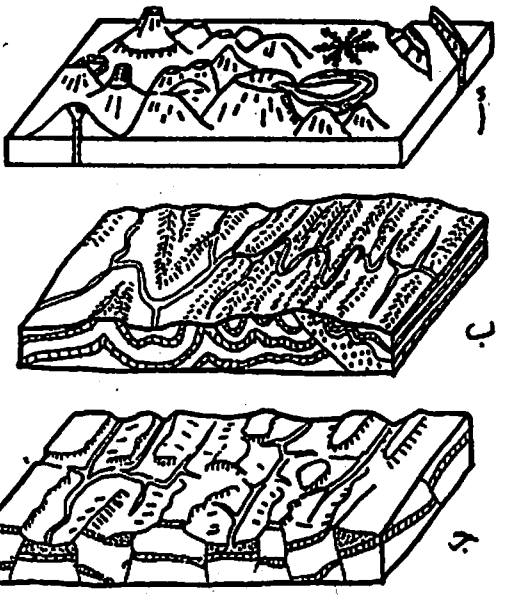
شكل (١٠٩). موقع النقطة فوق المركز، لهزة زلزالية وذلك باستخدام تسجيلات زلزالية من محطات مختلفة لرصد الزلزال.



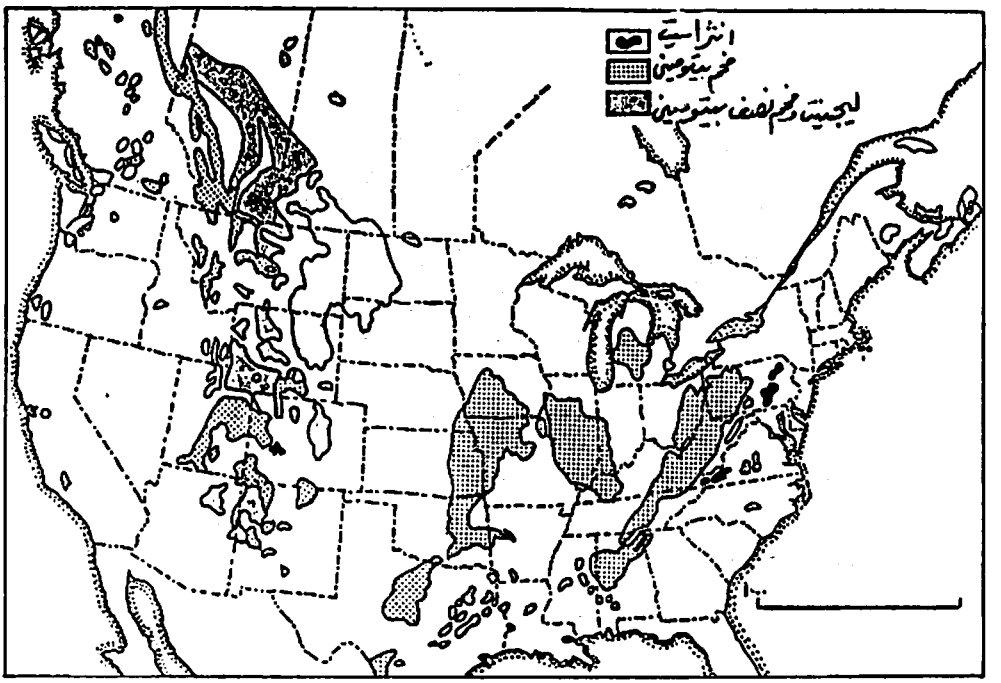
شكل (١١٠). قطاع تخطيطي يظهر النطاقات الرئيسية الثلاث المكونة للكرة الأرضية.



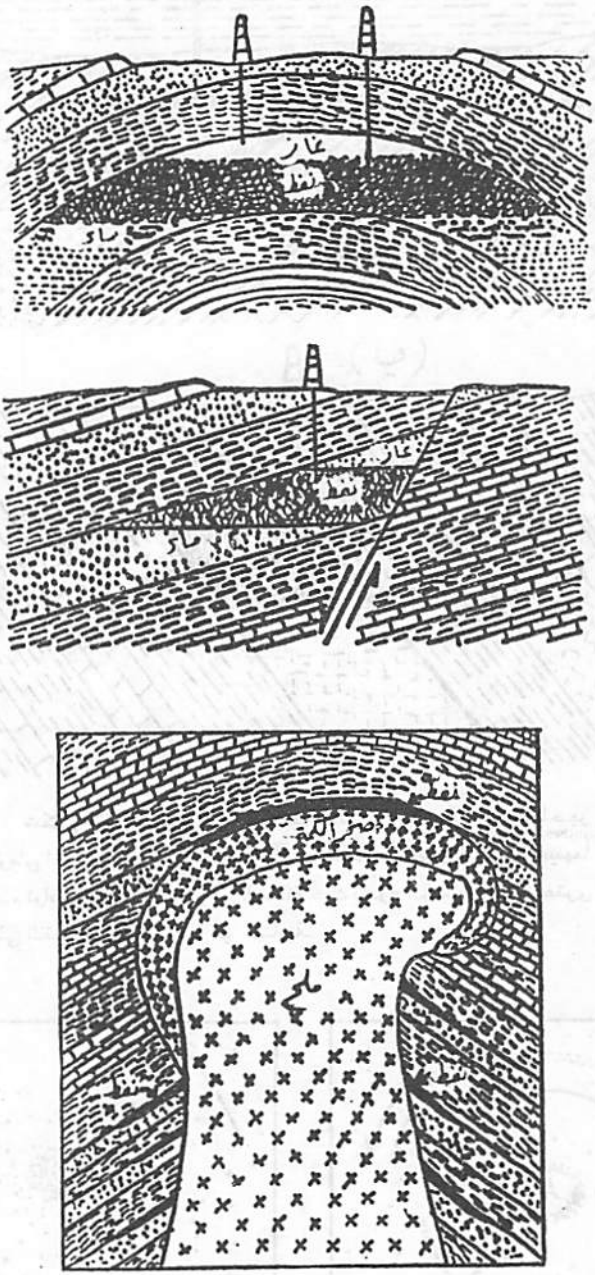
شكل (١١٢) بقايا التحات: أ ـ تل المعزاء، ب تل خيمي.



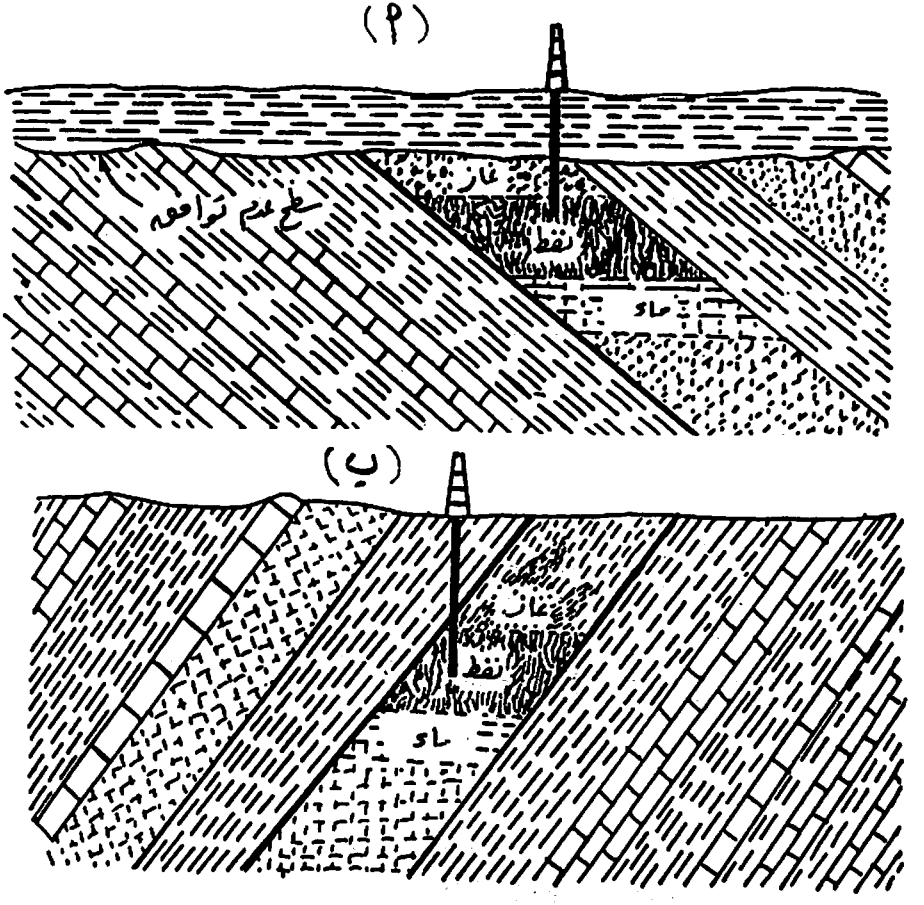
شكل (١١١) . انواع الجبال: أ ـ بركانية ب ـ ثنيات جـ ـ كتل صدعية.



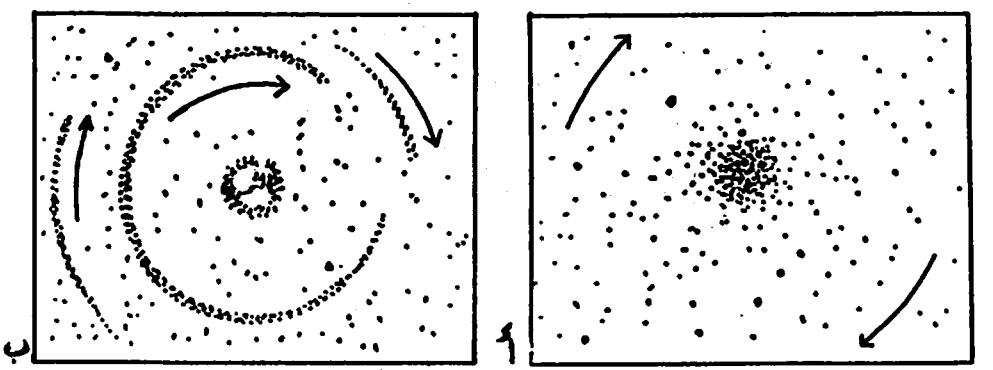
شكل (١١٢). مناطق تواجد خامات الفحم وانواعه المختلفة فى الولايات المتحدة وجنوب كندا.



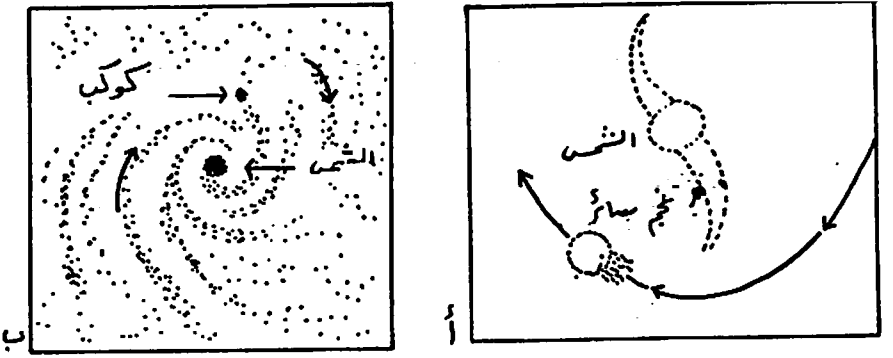
شكل (١١٤). قطاعات تبين أنواع المصايد التركيبية الشائعة: (أ) ثنية محدبة، (ب) صدع (جـ) قبة ملحية احتبس فيها النفط على الجوانب عندما اخترقت السدادة الملحية رمالا حاملة للنفط، كما احتبس النفط أيضاً في صخرة الكمة (الغطاء) الذى على قمة السدادة الملحية.



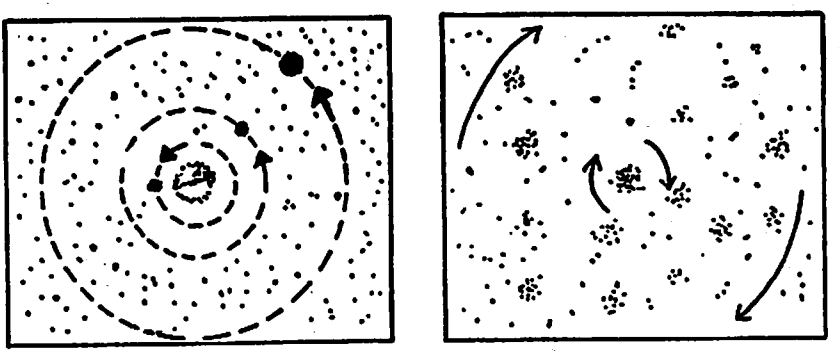
شكل (١١٥). قطاعات لمصايد طبقية شائعة: (أ) طبقة مائلة من الحجر الرملى المحتوى على النفط تعلوها طبقة غير منفذة من الطين الصفحى وبينهما عدم توافق زاوى، (ب) تغير فى السحنة حيث يتدرج الحجر الرملى المحتوى على النفط إلى طفلة صفحية غير مسامية.



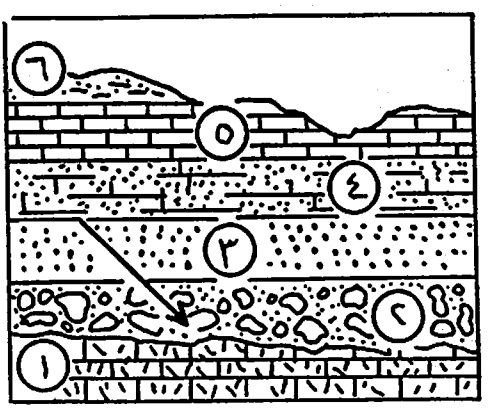
شكل (١١٦). نظرية السديم المبكر التى تشرح أصل المجموعة الشمسية، وتفترض وجود سحابة من الغازات والغبار تدور ببطء (أ)، ثم انكمشت بالتدريج وتفلطحت وانفصلت عنها حلقات (ب) ومن هذه الحلقات تكثفت الكواكب.



شكل (١١٧). طبقا لنظرية الكويكبات فقد مر أحد النجوم بالقرب من الشمس فجذب كتلتين كبيرتين من الغاز من جانبى الشمس تكثفتا فيما بعد لتكوين الكواكب (شكل أ). أما فى الشكل (ب) فإننا نرى مرحلة من تطور النظام الشمسي حيث تراكمت كويكبات حول أنوية كبيرة فوصل بعضها إلى حجم الكواكب.

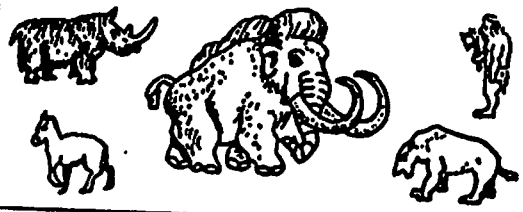
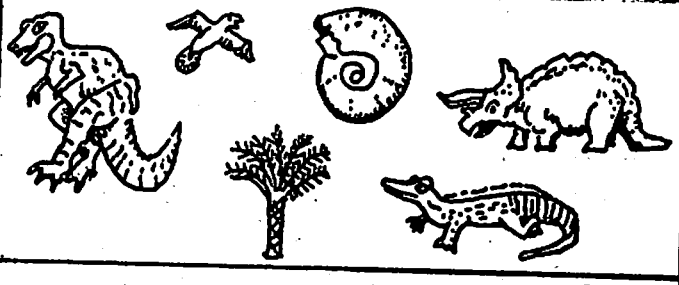


شكل (١١٨). النظرية السديمية الحديثة التى تفترض أن التكثفات الكبيرة المسماة «الكواكب الأولية» قد تكثفت من السدم المفلطحة الدوارة حول الشمس المركزية.



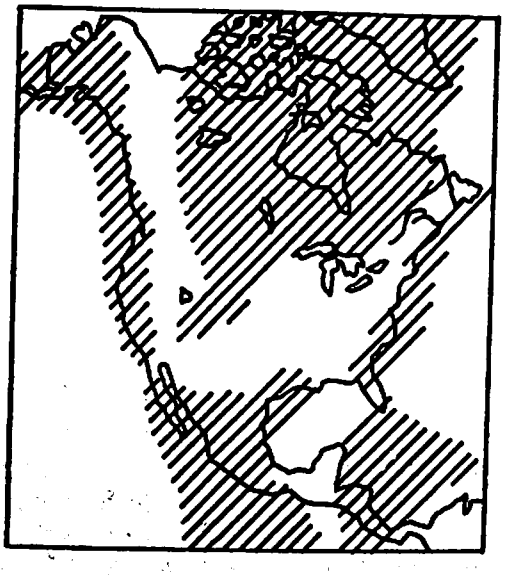
شكل (١٢٠). قطاع جيولوجى يبين قانون تعاقب الطبقات، فالطبقة (١) تمثل صخرا متحولا تعرض للتحات وهى أقدم الطبقات، ويفصلها عن الطبقة (٢) تخالف طبقى (انظر السهم)، والطبقات الأعلى أحدث من السفلية، والطبقة ٦ هى أحدث الطبقات.

سلم الزمن الجيولوجي

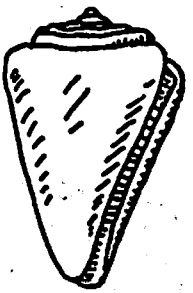
الحقب	العصر	الفترة	تشابه أشكال الكائنات
السينوزوي: الحياة الحديثة	الرباعي (من مليون سنة حتى الآن)	الحديث البليستوسين	
	الثلاثي (٦٥ مليون سنة)	البليستوسين الميوسين الأوليجوسين الإيوسين الباليوسين	
الميزوزوي: حقب الحياة الوسطى	الطباشيري (١٣٥ مليون سنة)		
	الجوراسي (١٩٥ مليون سنة)		
	الترياسي (٢٤٠ مليون سنة)		
الباليوزوي: حقب الحياة القديمة	البرمي (٢٥٠ مليون سنة)		
	الكربوني: البنسلفاني (٣٠٠ مليون سنة)		
	الكربوني: الميسيسبي (٣٢٥ مليون سنة)		
	الديفوني (٣٦٠ مليون سنة)		
	السيلوري (٤٠٠ مليون سنة)		
	الأوردوفيشي (٤٧٥ مليون سنة)		
	الكمبري (٥٠٠ مليون سنة)		
أحقاب ما قبل الكمبري	حقب البروتيروزوي		
	حقب الأركيوزوي		

العمر التقريبي للأرض أكثر من ٤٥٥٠ مليون سنة

شكل (١١٩). سلم الزمن الجيولوجي.

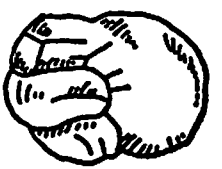


شكل (١٢١) خريطة مبسطة للجغرافيا القديمة لقارة أمريكا الشمالية تبين امتداد اليابسة والبحار خلال عصر الكمبرى.



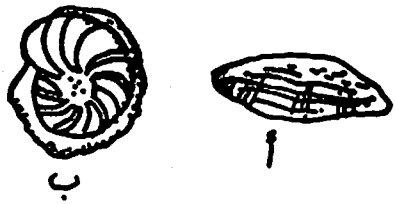
شكل (١٢٢). حفرية لحلزون مكونة من كربونات الكالسيوم.

شكل (١٢٣). حفرية لآثار أقدام أحد الزواحف محفوظة فى أحد الصخور

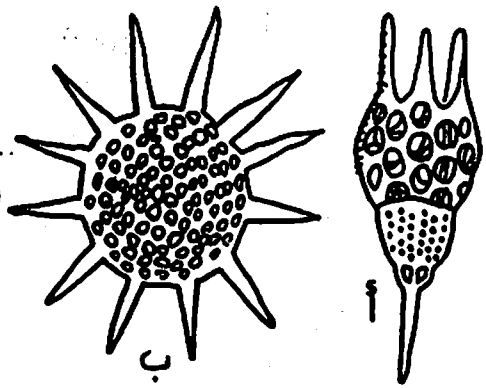


شكل (١٢٤). إخراج متحجر.

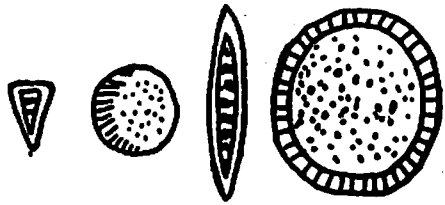
شكل (١٢٥). حصوة من معدة زاحف قديم.



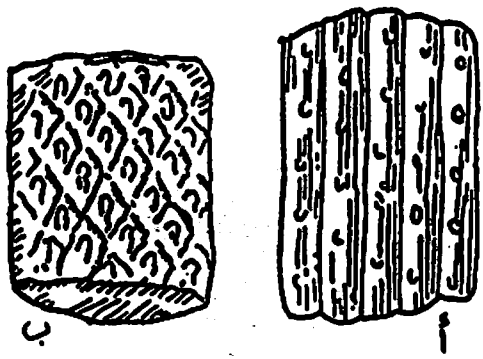
شكل (١٢٦). حفريات الفورامينفرا (مكبرة)
(أ) فيوزيولينا (من صخور البنسيلقاني)
(ب) لينتيكيولايا (من صخور الطباشيري).



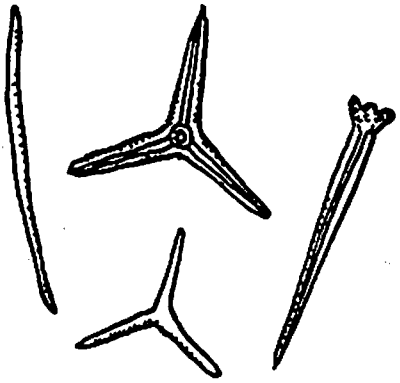
شكل (١٢٧)
. حفريات الراديولاريا (مكبرة)(أ) بودو سيرتيس (الثلاثي). (ب) تروكود يسكوس (المسسيبي)



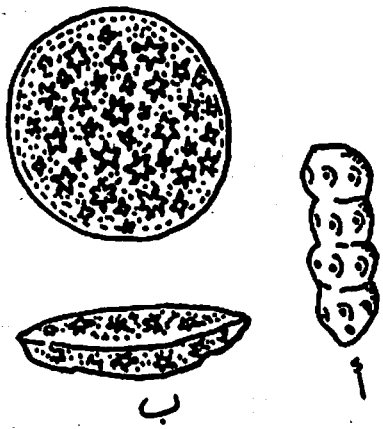
شكل (١٢٨). حفريات الدياتومات (مكبرة).



شكل (١٢٩). حفريات لنباتات الفحم
(أ) ليبيدو دندرون. (ب) سيجيللاريا.



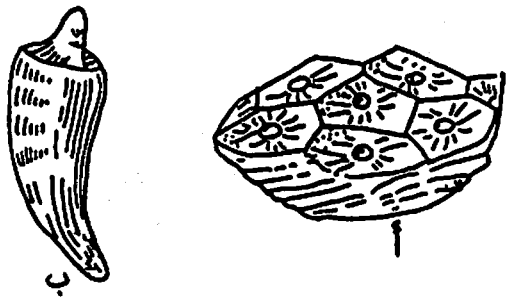
شكل (١٣٠). أشواك الإسفنج (مكبرة).



شكل (١٣١). اسفنجيات متحفرة

(أ) جيرتيوكوليا (من البنسيلفانى)

(ب) استراوسبونجيوم (منظر علوى ومنظر جانبى).



شكل (١٣٢). مرجانيات: (أ) مرجان مركب أو على شكل مستعمرة

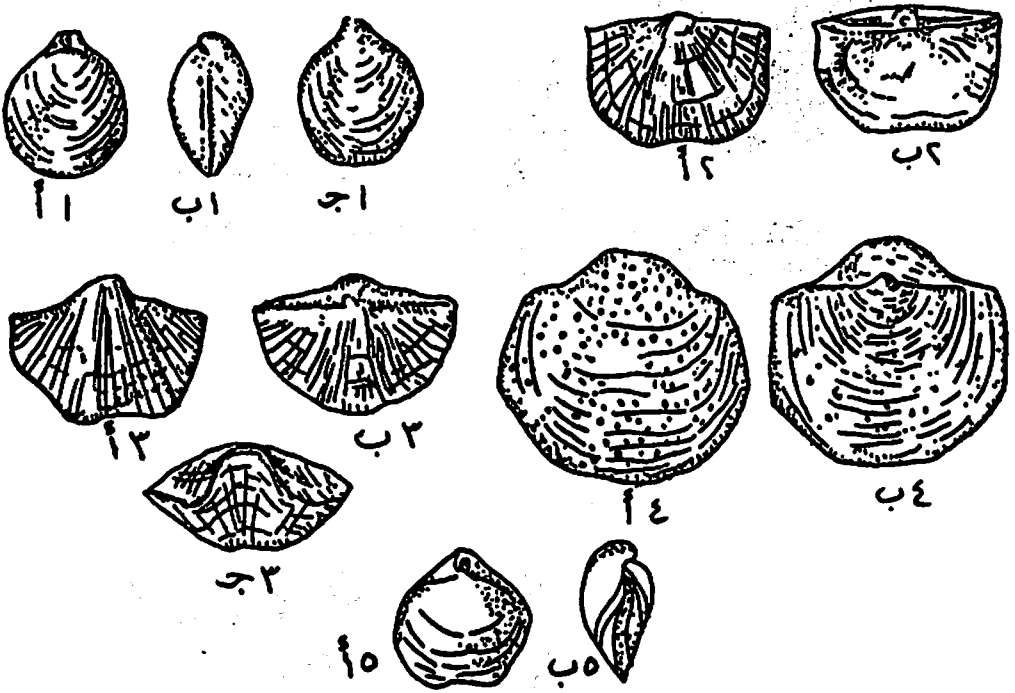
(ب) مرجان مفرد أو قرنى.

شكل (١٣٣). حزازيات متحفرة

(أ) ارشميدس (من السيسيبي)، (ب) ليوكليما (من البنسيلفانى).

شكل (١٣٤).

الشكل الخارجى والأجزاء الرئيسية فى المسرجيات المعشقة.



شكل (١٣٦). نماذج لحفريات مسرجيات معشقة:

١ ـ كينجينا واكونسيز (طباشيرى)

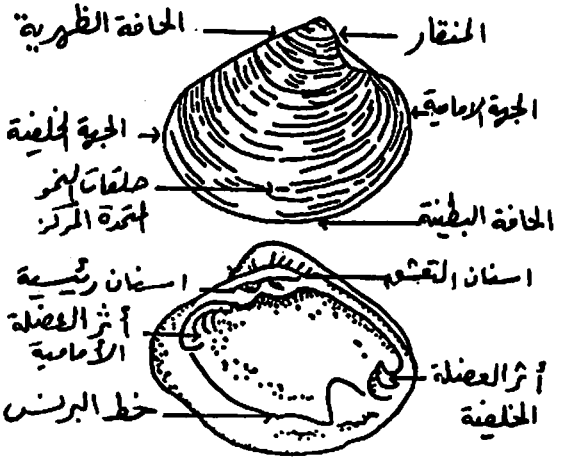
٢ ـ كونيتس (بنسيلفانى)

٣ ـ نيوسبايريفر كاميراتوس

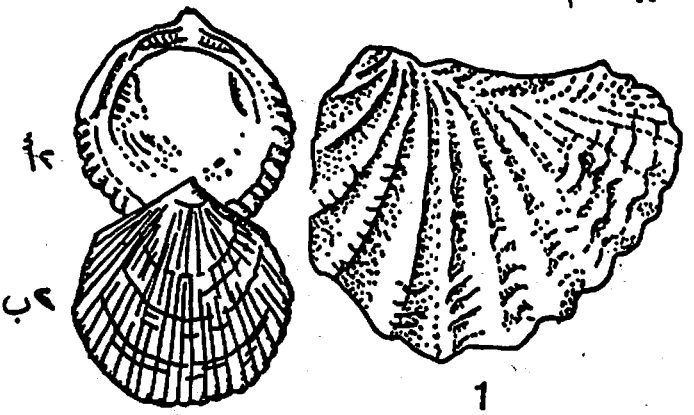
٤ ـ جوريسانيا (بنسيلفانى)

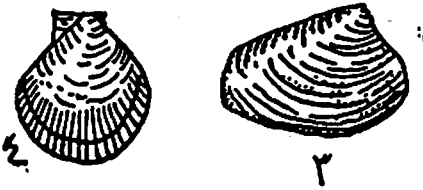
٥ ـ كومبوزيتا سابتيليتا (بنسيلفانى)

شكل (١٣٥). لينجيولا



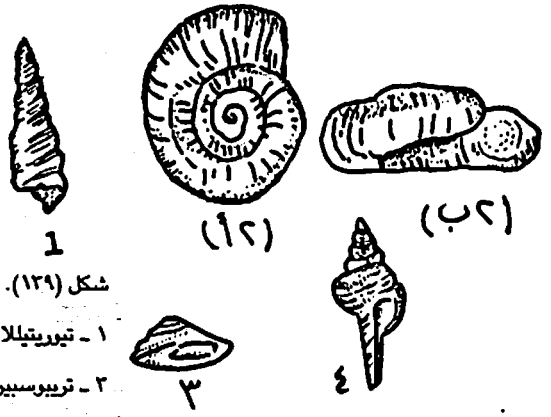
شكل (١٣٧) الشكل الخارجي والأجزاء الهامة في صدفة نموذجية لاسفينيات القدم





شكل (١٣٨). بعض حفريات اسفينيات القدم:

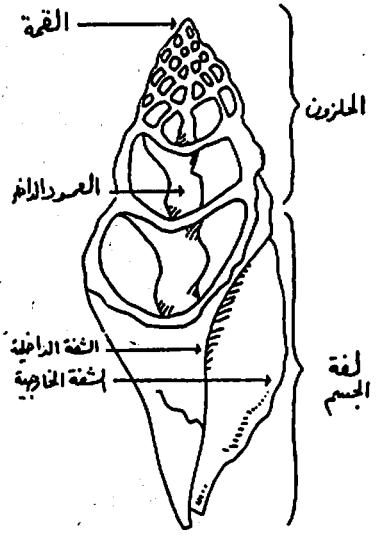
١ - ترايجونيا (طباشيري)
٢ - جليسيميريز (الثلاثي)
٣ - استراتيللا (بنسيلفاني)
٤ - بيكتن (الثلاثي).



شكل (١٣٩). بطنقدميات متحفرة:

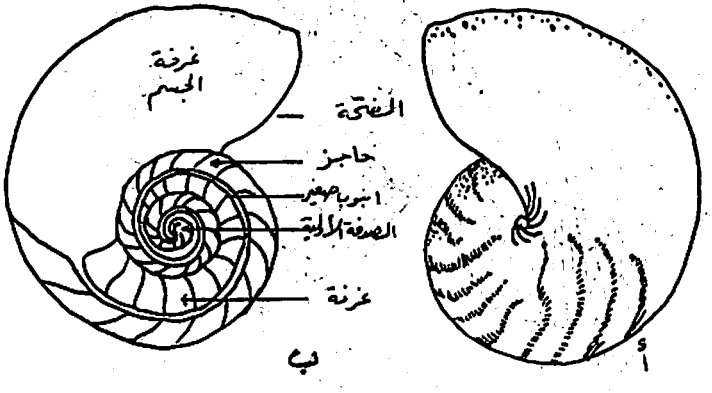
١ ـ تيوريتيللا (الثلاثى)، ٢ ـ ستراباروللوس (بنسيلفانى).

٣ ـ تريبوسبيرا (بنسيلفانى)، ٤ ـ فيوزوس (الثلاثى).

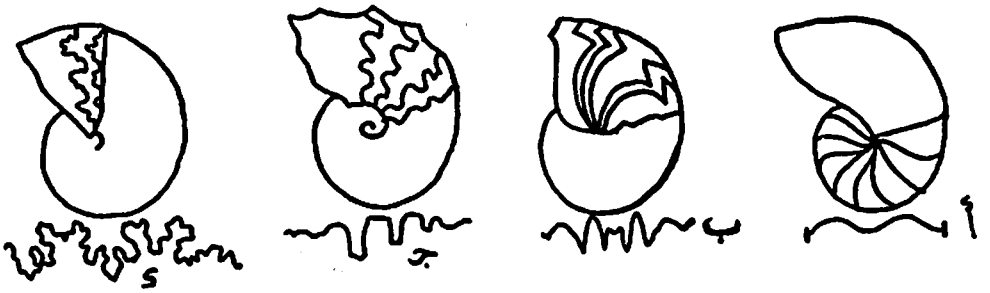


شكل (١٤٠).

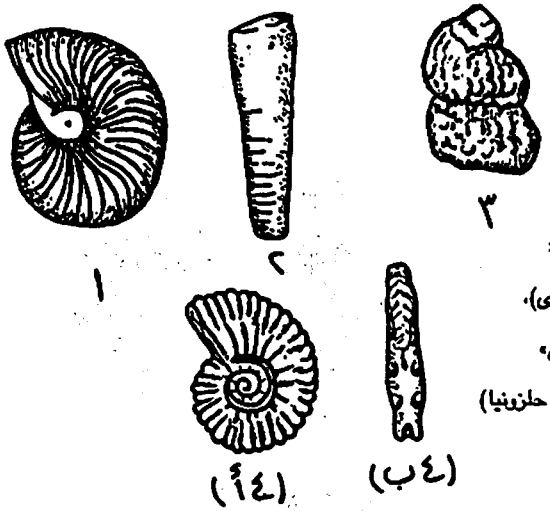
الشكل الخارجى والأجزاء الأساسية لصدفة البطنقدميات



شكل (١٤١). الشكل الخارجى والأجزاء الرئيسية فى صدفة نوتيلوس لؤلؤية (أ) المنظر الخارجى لصدفة حديثة، (ب) منظر لقطاع فى نفس الصدفة.



شكل (١٤٢). تطور خط الدرز فى الرأسقدميات. (أ) نوتيلوس (ب) جونياتيت (جـ) سيراتيت (د) أمونيت.



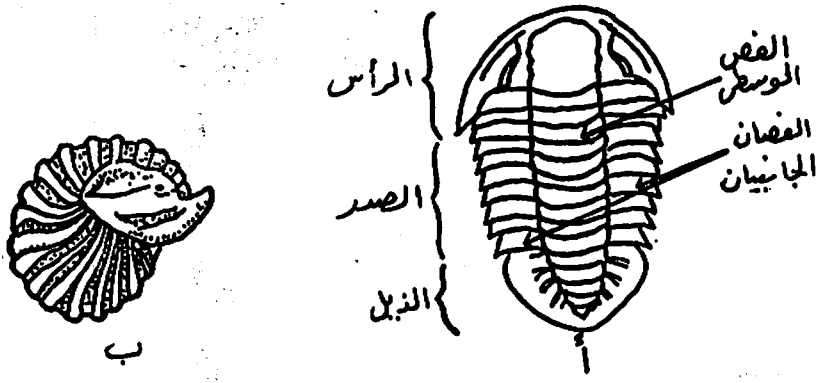
شكل (١٤٣). نماذج لحفريات الرأسقدميات:

١ ـ سيماتوسيراس (نوتيلوس من الطباشيرى)،

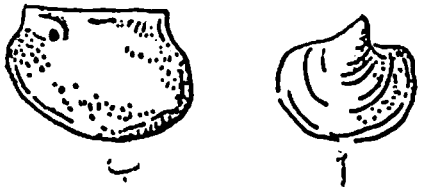
٢ ـ أورثوسيراس (نوتيلوس من البنسيلفانى)،

٣ ـ توريليتس (أمونيت من الطباشيرى ملتفة حلزونيا)

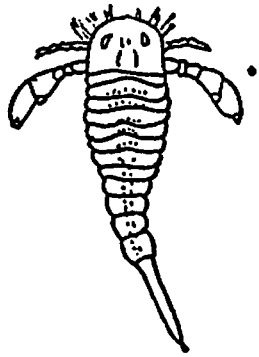
٤ ـ دوفرينويا (أمونيت من الطباشيرى).



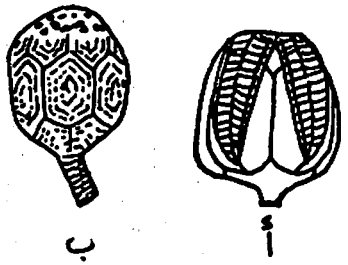
شكل (١٤٤). الشكل الخارجى والأجزاء الرئيسية لثلاثى الفصوص (أ) الشكل من أعلى. (ب) منظر جانبى لحيوان ملتف حول نفسه.



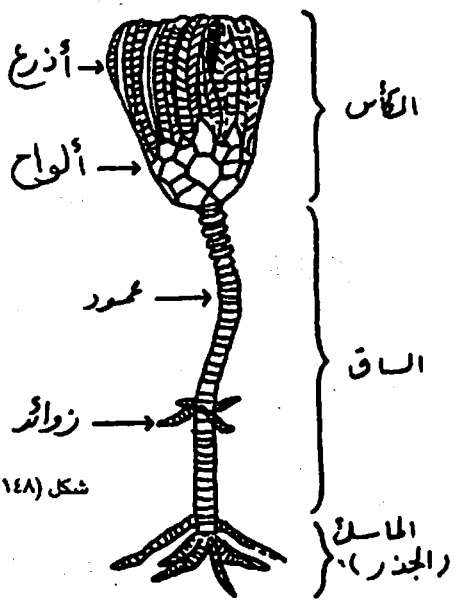
شكل (١٤٥).
اوستراكودا من الحقب القديم (مكبرة)
(أ) باراكمينا، (ب) ليبريديتيا.



شكل (١٤٦).
عقرب مائى، وهو حيوان مفصلى من الحقب القديم يشبه العقرب الذى نعرفه.

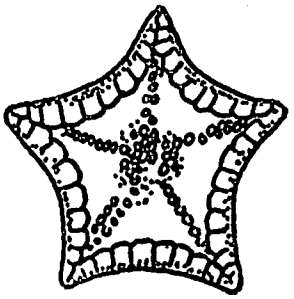


شكل (١٤٧). حفريتان لجلد شوكيات جالسة.
(أ) بنتريميتس (الميسيسبى)، (ب) كاريو كرينتيس (سيلورى).

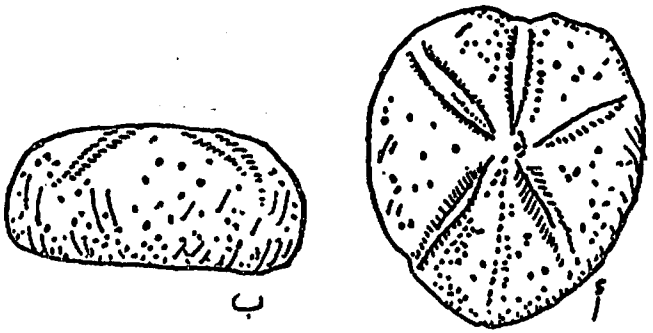


شكل (١٤٨) . إحدى زنابق البحر الحديثة وأجزاؤها الرئيسية.

شكل (١٤٩). اجزاء متحفرة من اعمدة الزنابق



شكل (١٥٠). حفرية لنجم البحر.



شكل (١٥١). هيميا ستر، قنفد يشبه القلب من عصر الطباشيري

(أ) منظر علوي. (ب) منظر جانبي.

شكل (١٥٢). جرابتوليت من الحقب القديم الأسفل (أ) ديبلوجرابتوس، (ب) فيللو جرابتوس.

شكل (١٥٣) اسنان متحفرة لبعض القروش (بالحجم الطبيعي تقريباً)

شكل (١٥٤). كونودونت (مكبرة حوالى ٣٠مرة)

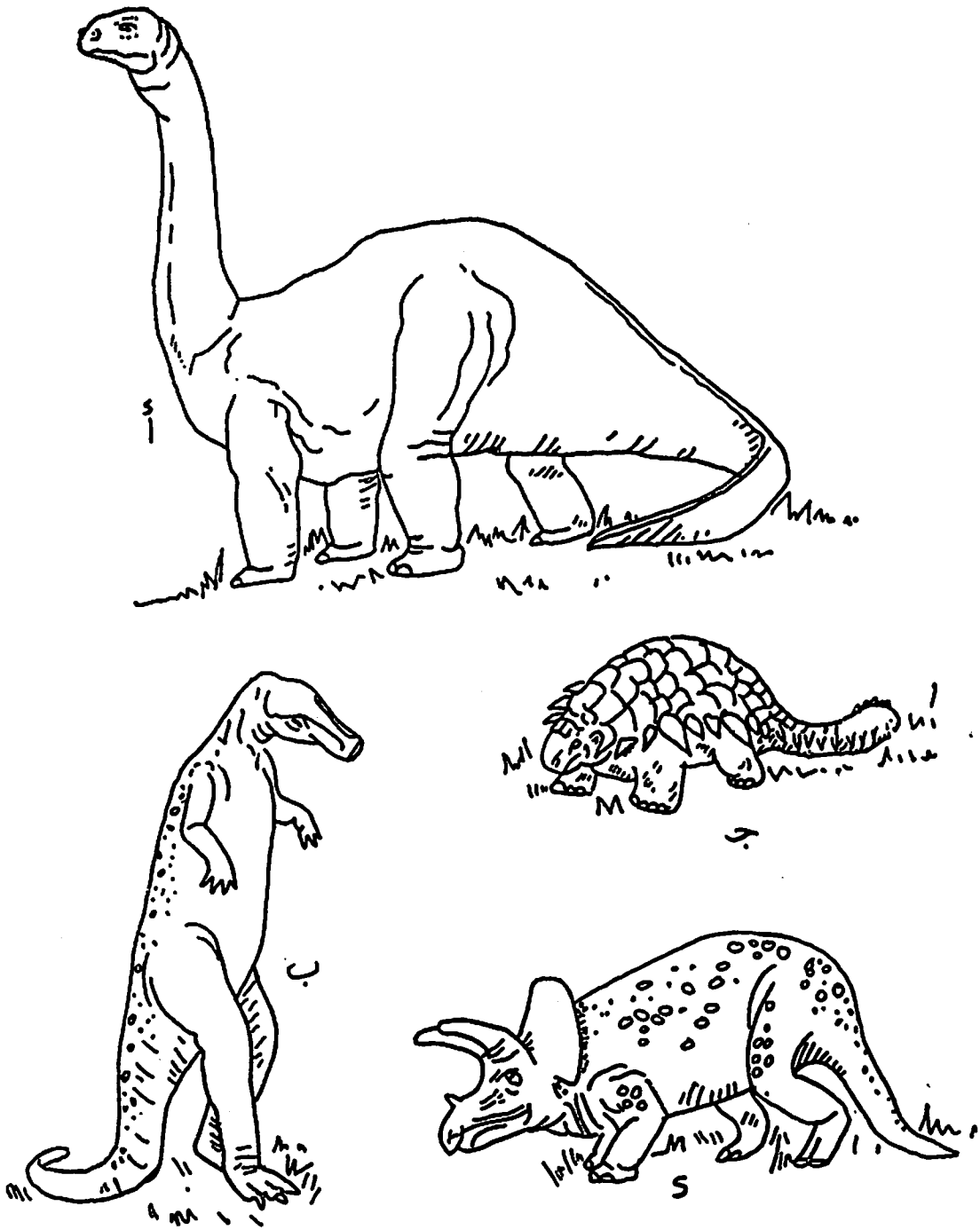
(أ) ميتالونكوديدينا (بنسيلفانى)، (ب) سباثو جناثوروس (سيلورى).

شكل (١٥٥). (أ) ايريوبس (برمائى من البرمى)، (ب) ديمتروودون (زاحف من ذوات الزعنفة الظهرية عاش فى البرمى).

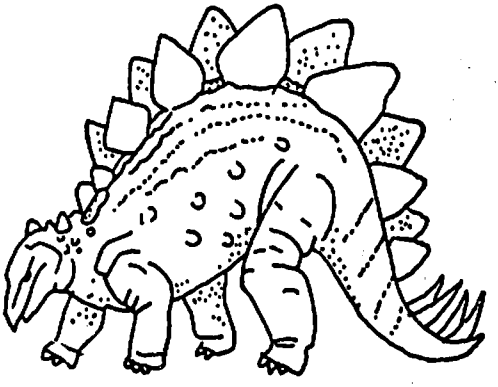
شكل (١٥٦).

زواحف طائرة من الحقب الأوسط (أ) رامفورينكوس جوراسى)، (ب) بتيرانودون (طباشيرى)

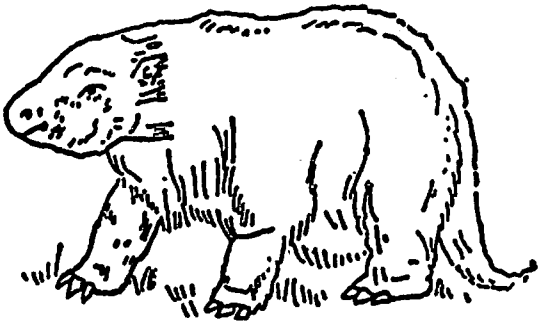
شكل (١٥٧). تيرانو ساوروس ريكسى، اكل اللحوم المتوحش الذى عاش فى الطباشيرى.



شكل (١٥٨). مجموعة تمثل ديناصورات الحقب الأوسط. (أ) برونتوسوروس، (ب) تراكودون (أو اناتوسوروس)، (جـ) انكيلوسوروس، (د) ترايسيراتوبس (أو ثلاثي القرون).



شكل (١٥٩)
. ستيجو ساوروس، ذو الظهر المزود بالألواح.

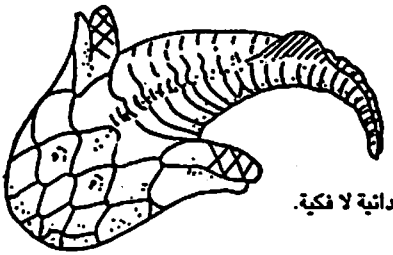


شكل (١٦٠)
الميلودون، اوكسلان الأرض العملاق.

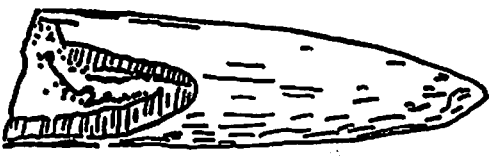
شكل (١٦١)
سميلودون، وهو من مجموعة القطة سيفية الأسنان.

شكل (١٦٢). ثدييات من البليستوسين
(أ) الخرتيت ذو الفراء، (ب) الماموث ذو الفراء.

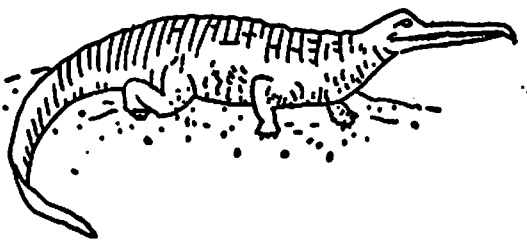
ب



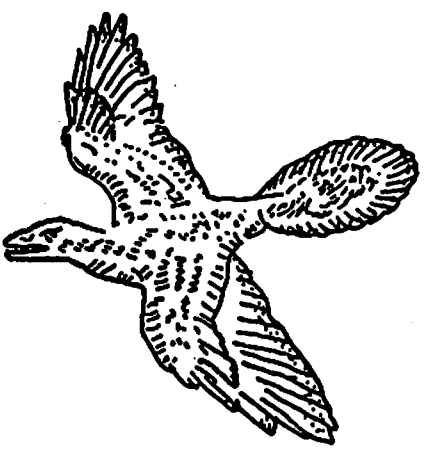
شكل (١٦٣). إحدى توقعيات الجلد، وهى سمكة بدائية لا فكية.



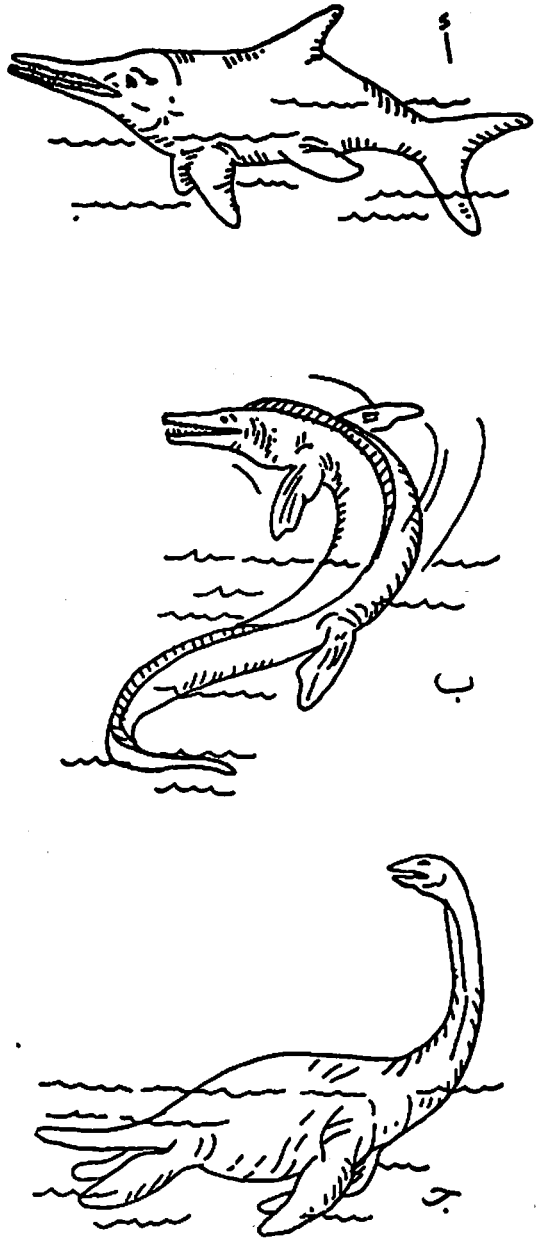
شكل (١٦٤). أحد حفريات البلمنايث.



شكل (١٦٥). الفيتوساور، او الزاحف النباتى.

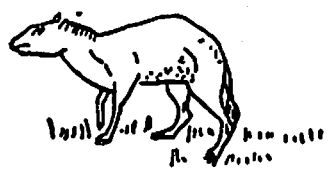


شكل (١٦٦). الأركيوبتيريكس، وهو الطائر القديم الذى عاش فى الجوراسى.

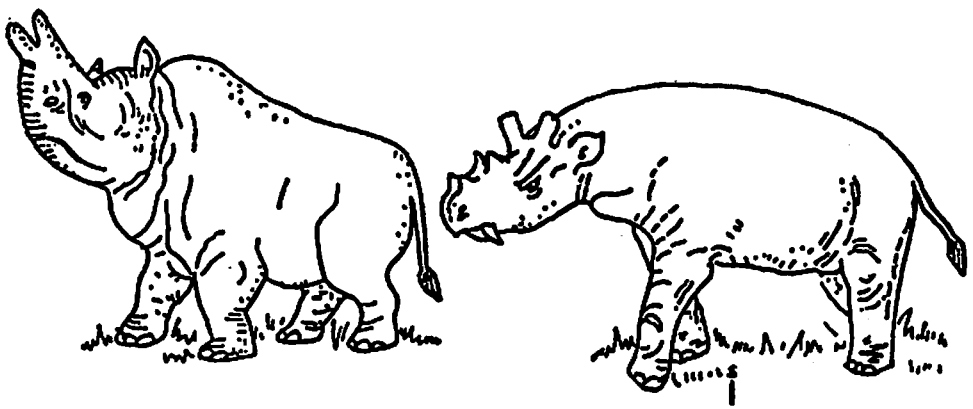


شكل (١٦٧). زواحف سابحة من حقب الحياة الوسطى: (أ) الإكثيوساور (أو حرذون الماء)، (ب) الموزاساور. (جـ) البليزيوساور.

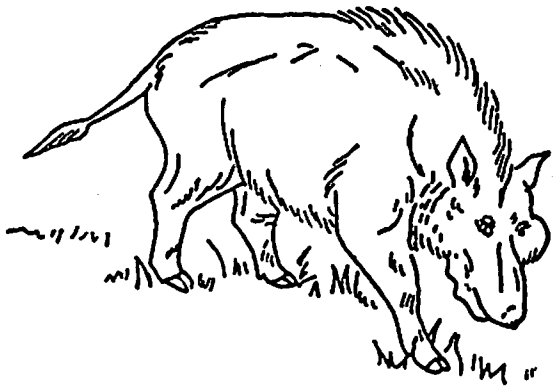
شكل (١٦٨).
ديانريما، وهى طائر ضخم لايطير ظهر فى الإيوسين وقد بلغ ارتفاعه حوالى مترين.



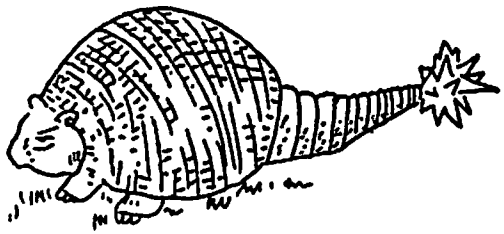
شكل (١٦٩)
. هيراكوثيريوم (أو إيوهيبوس) وهو حصان قديم من الباليوسين له حجم الثعلب.



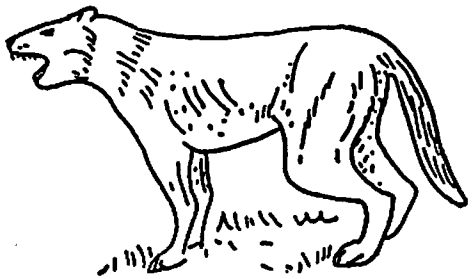
شكل (١٧٠). ثدييات غريبة عاشت فى العصر الثلاثى
(أ) وتيتاثيريوم، (ب) برونتوثيريوم.



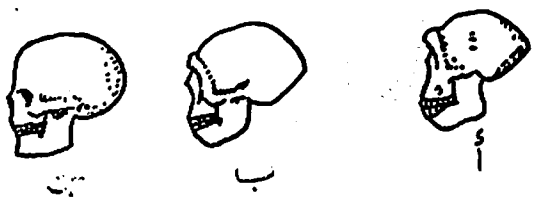
شكل (١٧١). حيوان من مجموعة الإنتيلودونت (أو الخنازير الضخمة).



شكل (١٧٢) جليبتودونت، وهو حيوان ثديي من الحقب الحديث.



شكل (١٧٣). كانيس دايروس أو الذئب المرعب.



شكل (١٧٤). جماجم بشرية متحفرة:

(أ) إنسان جاوه، (ب)(إنسان نياندرتال، (جـ) إنسان كرومانيون.

الفصل الرابع عشر

البحيرات والمستنقعات

توجد البحيرات والمستنقعات فى أجزاء كثيرة من سطح الأرض ، وكثير منها ذو أهمية كبيرة بالنسبة لرفاهية الجنس البشرى ٠

البحيرات :

ويمكن تعريف البحيرة بأنها جسم من الماء الستقر ويشغل منخفضا من سطح الأرض ، وتختلف البحيرات من حيث الحجم اذ قد تتراوح مساحة السطح من اكر (٥٢) واحد الى عدة آلاف من الاكرات ، كما تختلف أيضا فى العمق اذ أن عمق البعض منها لا يزيد عن أمتار معدودة (وقد تتبخر كل مياهها فى فترات الجفاف) ، أما البعض الآخر فقد يصل عمقه الى ألف متر أو أكثر ، وأكبر البحيرات المعروفة هو « بحر قزوين » ومساحة سطحه حوالى ٤٣٨ ألف كيلومتر مربع وكلمة « بحر » هنا تسمية خاطئة وتطلق أيضا على بحيرات مالحة أخرى مثل « البحر الميت » بالأردن و « بحر سالتون » فى الولايات المتحدة ، وأعمق بحيرة فى العالم هى « بحيرة بايكال » فى شرق سيبريا التى يزيد عمقها عن ١٦٠٠ متر ٠

وتوجد بحيرات عند كل الارتفاعات ، فمثلا توجد « بحيرة تيتكاكا» بين شيلى وبيرو على ارتفاع ٣٧٥٠ مترا فوق مستوى سطح البحر بينما يقع البحر الميت بين الأردن وفلسطين المحتلة على مستوى ٣٩٠ مترا تحت سطح البحر ٠

---

(٥٢) الاكر وحدة مساحة انجليزية تعادل حوالى أربعة الاف متر مربع ـ) المعرب) ٠

ولبعض البحيرات (لاسيما الكبيرة منها) تأثير مهم على السكان الذين يعيشون بجـــوارها ، اذ هى تمـدهم بالمـاء للشرب والأغـــراض الصناعية ، كما أنها تُنظم درجات الحرارة فى المناطق المجاورة ،وتخلق مناطق مجددة ، كما يمكن استخدام هذه البحيرات كطرق نقل ، ولهذه الأسباب فانه ليس نادرا أن نجد مدنا كبيرة ومناطق صناعية منشأة حول البحيرات الكبرى ٠

أصل أحواض البحيرات :

قد تتكون أحواض البحيرات بطرق عديدة وبواسطة بعض العوامل الجيولوجية ، أهمها كالآتى :

الحركات الأرضية :

يتكون بعض أحواض البحيرات بفعل اعوجـــاج أو طى أو كسر الطبقات ، وعلى سبيل المثال فان « البحيرة العظمى » (بين الولايات المتحدة وكندا) تحتل حوضا سبق تكوينه بفعل تشويه تركيبى ، ثم زاد اتساعها فيما بعد بفعل الثالج ، وقد تتكون « بحيرات وادى الخسف Rift Valley Lakes عندما تهبط كتل صدعية كبيرة بين حائطين صخريين شديدى للانحدار (انظر الفصـل السـابع) ، وقـد تتكون سلسلة من البحيرات العميقة على طول هذا الوادى ، وتوجـد مثـل هذه السلسلة فى « وادى الخسف الكبيرة » الذى يمتـد من البحـر الميت الى بحـيرة نياسا وبحيرة تنجانيقا فى شرق افريقيا ٠

وقد تتكون البحيرات أحيانا كنتيجة للازاحة الصخريـــة التى تصاحب الزلازل ، فان هبوطا محدودا لسطح الأرض قد يكون منخفضا يصلح لتكوين بحيرة ، وقد تكونت فعلا « بحيرة ريلفوت » فى شمال غرب تينيسى بالولايات المتحدة بهذه الطريقة وذلك بعد حدوث زلزال « نيو مدريد » عامى ١٨١١ ــ ١٨١٢ ٠

النشاط البركانى :

قد يكون النشاط البركانى سببا فى تكوين البحيرات وذلك وفقا لنمطين مختلفين ، فقـد تملأ الطفـوح البركانية جـزءا من وادى نهرى ، وهذا يؤدى الى تقهقر النهر مكونا بحيرة ، وقد تكونت بحيرة « سناج » فى « متنزه لاسن البركانى » بالولايات المتحـدة بهـذه الطريقة ، والنمط الثانى هو تكون البحيرات فى فوهات البراكين والكالديرات فى مناطق

البراكين الخامدة وأفضل مثال لهذا النمط هو « بحيرة الفوهة » فى جبال كاسكادا جنوب غرب ولاية أوريجون ، وهذه البحيرة التى تشغل احدى الكالديرات يصل قطرها الى ١٠ كيلومترات وعمقها الى ٦٠٠ متر وهى محاطة بعدة جروف يتراوح ارتفاعهـــا من ١٥٠ الى ٦٠٠ متر ، وبسبب جمالها الطبيعى الأخـاذ وأهميتهـا الجيولوجية فقـد أصبحت متنزها عاما يقصده السياح ٠

المثالج :

تتكون بحيرات كثيرة بفعل المثالج ، وقد تتكون مثل هذه البحيرات فى منخفضات سطحية سبق أن جرفها التحات المثلجى ، أو فى أحواض تكونت خلف سدود طبيعية من المواد التى رسبها الجليد ٠

وتعرف البحيرات التى تتكون عند رؤوس الوديان المثلجية باسم « البحيرات الجبلية » (انظر الفصل الحادى عشر) ، وهى منتشرة بدرجة ما فى بعض المناطق الجبلية ، وفى مناطق أخرى نجد أن المثالج قـد جرفت منخفضات ، وأن الأخيرة تمتلىء فيما بعد بالمياه لتصبح بحيرات ، وعلى سبيل المثال فان « بحيرات فينجر » فى نيويورك يرجع أصلها الى الفعل الجرفى للمثالج ، ومثلها أيضا الكثير من بحيرات مينيسوتا وماين وأيضا فى كندا ، كما يعتقد أيضا أن أحواض « البحيرات العظمى » فى أمريكا الشمالية ذات أصل مثلجى ٠

حركة الكتل أو فعل الجاذبية الأرضية :

قد تنشأ البحيرات أحيانا عندما تهبط كتلة كبيرة من الفتـــات الصخرى فتسبب انسدادا فى طريق وادى نهرى ، وقد يسبب حدوث السد الطبيعى الناشىء بهذه الطريقة تقهقر الماء فتتكون بحيرة طبيعية ، وأحد أمثلة هذا النوع هو « بحيرة سان كريستوبال » فى جنـوب ولاية كلورادو ، وقد تكونت البحيرة خلف كتلة طينية منزلقة تعرف باسم « انسياب سلامجاليون » ٠

الأنهـــار :

تتكون أحـواض البحيرات كنتيجـة للفعـل التحاتى والترسيبى للأنهار ، فقد تتكون البحيرات عندما تتحول المنعطـــفات النهرية الى بحيرات قوسية مبتورة (انظر الفصل التاسع) مثل البحيرات التى على طـول السهـل الفيضى لنهر المسيسيبى ، كما قد تتكون على الدلتاوات مثل « بحيرة بونتشارترين » عند دلتا المسيسيبى ٠

المياه الجوفية :

سبق أن عرفنا أن الماء الجوفى قد يكون بالوعات ومغارات فى المناطق التى تعلو صخورا قابلة للاذابة مثل الحجر الجيرى والدولوميت، وعندما تختنق البالوعات بالفتات الصخرى فانها قد تمتلىء بالماء مكونة بحيرة ، وتوجد بحيرات كثيرة من هذا النوع فى بعض أجزاء من ولايات فلوريدا وتينيسى وكينتوكى وانديانا ٠

الأمواج والتيارات البحرية :

قد تتواجد بحيرات على طول السهول الساحلية للمحيطات والبحار والبحيرات الكبيرة ، وتتكون عادة عندما تترسب السنة رملية (بفعل الأمواج والتيارات) عبر فم خليج أو بحيرة ضحلة مفتوحة (٥٣) ، وقد تكون مياه هذه البحيرات مالحة أو نصف مالحة ولكنها قد تتحول فى النهاية الى مياه عذبة ٠

أسباب أخرى :

انشأ الانسان كثيرا من البحيرات الصناعية عن طريق بناء السدود عبر مسارات الأنهار ، وتعتبر « بحيرة ميد » احدى اكبر البحيرات الصناعية وهى خلف « سد هوفر » على نهر الكلورادو ويزيد طولها على ٢٠٠ كيلو متر (٥٤) ، وبالاضافة الى ذلك فان السدود التى تقيمها القنادس (كلاب الماء) عبر الأنهار وأدغال المستنقعات وكذا الكتل الخشبية المتزاحمة تكون بحيرات ٠

وقد تكونت بحيرات قليلة فى الفوهات الناتجة من ارتطام الشهب ، وتوجد مثل هذه الفوهات المملوءة بالماء فى شمال سيبريا وشمال كويبك٠

أنماط البحيرات :

تنقسم البحيرات عموما الى عذبة ومالحة ، وذلك وفق تركيب المياه فيها ٠

البحيرات العذبة : وهى البحيرات التى لها منافذ ، والمعتاد أن يكون المنفذ نهرا ، ولكن بعض الماء يتسرب عن طريق الرشح ، ومصدر

---

(٥٣) ومن أمثلتها بحيرات الساحل الشمالى لمصر مثل ادكو ومريوط والبرلس والمنزلة والبردويل ـ (المعرب) ٠

(٥٤) اكبر بحيرة صناعية فى العالم العربى وافريقيا هى بحيرة ناصر جنوب أسوان بمصر ـ (المعرب) ٠

ماء البحيرات العذبة هو مياه الامطار أو الثلج المنصهر أو المياه الجوفية أو مياه الأنهار ، وغالبا ما يعتمد تركيب الماء فى هذه البحيرات على تركيب الصخور التى مر عليها أو من خلالها قبل وصوله للبحيرات ، وبالرغم من أن بعض المواد المواد المذابة فى هذه المياه التى جلبتهـــا الأنهار قد تترسب فى البحيرات فان معظمها يترك البحيرات عن طريق المنافذ ، كما أن المزيد من مياه المطر والثلوج يجعل مياه البحيرات عذبة دائما ٠

ومعظم بحيرات العالم من النوع العذب ، وأكبرها هى « البحيرة العظمى » وتصل مساحتها الى ٨٢٤٠٠ كيلومتر مربع (٥٥) ٠

البحيرات المالحة : هى بحيرات ليس لها منافذ ، وتنشأ عادة فى الأجواء الجافة حيث يكون فاقد الماء بالتبخر كبيرا نسبيا ، وكلما تبخر الماء يزيد تركيز المواد الملحية التى قد تترسب فى النهاية كمعادن على قاع البحيرة ، وكما سبق أن ذكرنا فان التركيب المعدنى للماء يتحدد بنوع الصخر الذى تلامس معه الماء ، أى أن نوع الأملاح المترسبة يعتمد على نوع الصخر تحت قاع البحيرة وحولها ٠

وقد تكونت بعض البحيرات المالحة مثل (بحر قزوين) عندما انحبست كميات كبيرة من ماء البحر وانعزلت عنه ، أى أن المياه كانت مالحـة أصلا ، وهناك بحيرات أخرى مثل « البحيرة الملحية الكبرى » فى ولاية أوتاه والتى بدأت كبيرة عذبة،وهذه البحيرة الشهيرة ما هى الا جزء صغير متبقى من « بحيرة بونفيل » التى كانت بحيرة عذبة غطت ٣٠٪ من مساحة ولاية اوتاه ، وقد عجل ازدياد الجفاف بالمنطقة من تبخر بحيرة بونفيل مما ادى الى ازدياد تركيز كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) ، والآن تبلغ ملوحة مياه البحيرة المالحة سبعة أضعاف ملوحة مياه المحيط الأطلنطى (٥٦) ٠

البحيرات القلوية : وتتميز بوجـــود كميات كبيـرة من كربونات الصوديوم أو البوتاسيوم (٥٧) ، وهذه المواد القلوية مشتقة غالبا من

---

(٥٥) وهناك أمثلة من البحيرات العذبة فى شرق افريقيا مثل فيكتوريا والبرت وتانا وهى من منابع النيل ـ (المعرب) ٠

(٥٦) وهذا يشابه ما حدث لبحر موريس القديم الذى تبقت منه الآن بحيرة قارون المالحة بالفيوم بمصر ـ (المعرب) ٠

(٥٧) مثل بحيرات وادى النطرون بمصر ولها نظائر فى ليبيا أيضا فى منخفض فزان ـ (المعرب) ٠

صخور نارية عميقة وغنية بالصوديوم مثل الجرانيت ، وتعتبر « بحيرة مونو » فى شرق وسط كاليفورنيا مثالا لهذه الحالة ٠

بحيرات البلايا Playa Lakes :

تتكون عادة فى أدنى مستوى الخزانات الصحراوية ، وهى بحيرات ضحلة مؤقته تتكون بعد سقوط مطر غزير ، وتختفى بحيرات البلايا فى أوقات الجفاف تاركة خلفها رسوبيات من الغرين أو الطين الذى قد يتغطى بالأملاح وتسمى هذه الطبقات المغطاة بملح متبقى من بحيرات جفت باسم « المسطحات القلوية » أو « السالينا » ، وتوجد بحيرات البلايا فى المناطق الجافة ونصف الجافة فى كثير من أنحاء العالم ، ويوجد لها أمثلة جيدة فى « وادى الموت » بولاية كاليفورنيا ٠

تلاشى البحيرات :

البحيرات ظواهر مؤقتة ، فقد تؤدى نفس العوامل الجيولوجية التى انشاتها الى فنائها وتلاشيها ، وتتلاشى بعض البحيرات لامتلاء احواضها بالرسوبيات أو لازالة الأراضى المرتفعة المجاورة بفعل التحات ، كما قد تختفى البحيرات عندما تفقد مياهها عن طريق البخر المتزايد أو الرشح من أسفل أو انحراف مسار الأنهار التى تغذيها ، وقد تمتلىء بعض البحيرات بالمواد العضوية ، وقد تنمو على حوافها كائنات نباتية مثل الطحالب والسراخس وحشائش المستنقعات ثم تنتشر حتى مركز هذه البحيرات كما قد تختلط بقايا الحيوانات مع المواد النباتية فتتحول البحيرة الى مستنقع ، وقد تساهم عوامل اخرى (مثل الانزلاقات الأرضية والطين المترسب من جليد منصهر والرمال التى تجرفها الرياح والرماد البركانى) فى فناء البحيرات ٠

المستنقعات :

هى منخفضات مملوءة جزئيا او كليا بمواد نباتية حية أو متحللة وبالرسوبيات وبعض المياه ، وتتكون مستنقعات كثيرة بنفس العوامل التى تكون البحيرات والتى سبق ذكرها ، وبعضها الآخر عبارة عن مستنقعات ذات أرضية منخفضة لينة وذات طبيعة اسفنجية ، وقد لا يكون هناك اى مورد مائى سطحى واضح ، وقد تتكون المستنقعات فى السهول الفيضية للأنهار القديمة مثل نهر الميسيسيبى ، كما قد توجد فى السهول الساحلية حيث تسمى المستنقعات المالحة ، ويوجد كثير منها على شواطىء خليج المكسيك والولايات المتحدة ، وبعضها (مثل « مستنقع ايفرجليد » فى فلوريدا) يشغل مساحة تقدر بمئات الكيلومترات المربعة ٠

وتتميز بعض المستنقعات بسمك كبير من المواد النباتية التى تفحمت جزئيـا وتسمى « بيت Peat » ولهـا محتـوى كربونى عـال ويمكن استخدامها كوقود ، ويعرف العامل الذى يؤدى الى تحـويل نباتات المستنقعات الى بيت باسم التفحم (انظر فصـل ١٧) ، كما أن تكوين البيت هو المرحلة الأولى فى تكوين الفحـم الحجـرى • وقـد تتكـون المستنقعات أيضا فى مناطق الثالج حيث تسد الأنهار بالرسوبيـات الثلجية فتتكون بحيرات أو مستنقعات ، وفى المناطق حيث تكون الأراضى دائمة التجمد عند أعماق ضحلة ، فقد تتـكون المستنقعات على السـطح العلوى عند ذوبان الثلج ، وهذا السطح الاسفنجى الذى يتخلله الماء يعرف باسم « التندرا Tundra » ، ويظهر بوضوح فى المناطق القطبية فى شمال أمريكا وأوربا وآسيا •

الفصل الخامس عشر

الزلازل والتركيب الداخلى للأرض

الـزلازل Earthquakes هى هـزات طبيعيـة فى قشرة الأرض ، وهى تمدنا بدليل لا يقبل الجدل على أن الحركات الأرضية مازالت نشطة حتى يومنا هذا ، وقد تكون بعض هذه الاختلاجات الأرضيـة بالغـة العنف ، فتصبح مسئولة عن الدمار الرهيب والعدد الكبير من الوفيات اللذين يحدثان أحيانا ٠

ومع ذلك فان معظم الزلازل ضعيفة جدا لدرجة أن الانسان لا يحس بها ،ولكن يمكن الكشف عنها فقط بأجهزة حساسة تسمى « أجهـزة تسجيل الزلازل » أو « أجهزة السيزموجراف Seismographs » (انظر شكل ١٠٧) ٠

أسباب حدوث الزلازل :

بالرغم من أن « علم دراسة الزلازل Seismology » قـد أمـدنا بمعلومات كثيرة عن الهـزات الأرضـية الا أن سببهـا الحقيقـى ليس مفهوما علىوجه اليقين ، ومنذ مئات السنين فكر الانسان كثيرا فى أسبابها ، وفى العصور القديمة اعتقد الناس انها دليـل على سخط الآلهة على البشر ، أو ربما كانت ترجع الى عدم استقرار « الثـور » الخرافى الذى يحمل الأرض على ظهره ٠

ونحن نعلم الآن بالتأكيد أن الرجفة الأرضية تنشأ على شكل هزة أو صدمة مفاجئة ، ويبدو أن معظم هذه الصدمات تكون مصاحبة لظاهرة التصدع ، اذ أن الكسر المفاجىء للصخور وازاحتها على طول مستوى الصدع يولدان فى الصخر حركة شبه موجية ، وأحد تفسيرات كيفيـة

انفعال هذه الصخور المزقة نظـرية الارتداد المـرن Elastic Rebound Theory فطبقا لهذه النظرية يؤدى الضغط طويل المدى (الذى تتعرض لـه الكتـل الصخرية تحـت السطحيـة فى اتجـاهات مختلفـة) الى ثنى الصخور ببطء وتغيير شكلها ، ويولد هذا الضغط المستمر اجهادا كبيرا لدرجة أن الصخور تنكسر فى النهاية وترتد فجأة لتعود الى حالتها قبل الاجهاد ، وهذا الارتداد المرن هو الذى يولد الموجات الزلزالية (شكل ١٠٥) ٠

ومن المؤسف أن نظرية الارتداد المرن لا تعطى تفسيرا كاملا لأسباب الأنواع المختلفة من الزلازل ، وتفترض الأبحاث الحديثة أن الضغط الذى يسند الكتل المتصدعة هو فى الحقيقة أقوى من الصخر نفسه ، وبالتالى فان الصخر قد يتصدع فى أى مكان آخر قبل أن ينزلق خلال مستوى التصدع ، كما أن هناك دلائل أنه فى بعض الأماكن تحدث الحركة الصدعية بعد حدوث الزلزال وليس قبله ، وبالرغم مما ذكرناه فقد يحدث من حين لآخر أن تتصدع الصخور ثم تحدث الحركـة ، وهـكذا فان كثيرا من الباحثين يعتقد أن نظرية الارتداد المرن قد تفيدنا فى تفسير حدوث الزلازل الضحلة ، وانه بعد اضافة بعض التعديلات فانها يمكن أن تفسر بعض الزلازل الأكثر عمقا ٠

ومنذ عهد قريب أمكن تفسير حدوث الزلازل بنظرية حركة الواح القشرة وتوسع قاع المحيط ، فمن المعروف أن الزلازل الضحلة تحـدث فى كل من حالتى تصادم الألواح أو تباعدها ، أما الزلازل المتوسطة والعميقة فيبدو أنها تحدث فقط فى حالة اصطدام لوحين (انظر الفصل الثانى) ، وعلى سبيل المثال فان صدع سان اندرياس فى كاليفورنيـا (وهو صدع انتقالى) يحدد المكان حيث تنزلق كتلتان قشريتان هائلتان فى اتجاه معاكس ، وتحدث زلازل ضحلة كثيرة على خط صدع سان اندرياس وهى تنتج من الحركة النسبية لكل من لوحى المحيط الهادى وأمريكا الشمالية ٠

وتعرف الزلازل التى تحدث بالطريقة التى ذكرناها باسم « الزلازل التكتونية » وهى من أكبر الزلازل تأثيرا وأشدها تخريبا ، وقد تتولد موجات زلزالية أثناء النشاط البركانى ، اذ قد تحدث بسبب الانفجارات العنيفة (انظر الفصل الرابع) أو الحركة الفجائية للصخور المنصهرة فى باطن الأرض ، وهناك أسباب أخرى لحدوث الهزات الأرضية وتشمل التحرك السريع للكتل مثل الانزلاقات الأرضية والانزلاقات الجليديـة وكذا الانهيار المفاجىء للمغارات الطبيعية ٠

توزيع الزلازل :

بالرغم من أن الزلازل قد تحدث فى أي مكان فوق القشرة الأرضية فان معظمها ينشأ في مناطق عدم استقرار القشرة ، وتصاحب الحركات البانية للجبال ، وتحدث الزلازل (كما هو الحال مع البراكين) فى أحزمة زلزالية شبه محددة (شكل ١٠٦) ، وينشأ حوالي ٨٠٪ من الزلازل فى العالم أجمع فى الحزام حول المحيط الهادى ، وهو حزام يجمع بين السلاسل الجبلية الحديثة وكذا مجموعات الجبال البركانية ، وهذا الحزام يمتد من شيلي وعلى طول الساحل الغربى للأمريكتين ثم شمالا حتى جزر الوتيان والاسكا واليابان والسيليبين واندونيسيا ونيوزيلاندا وبعض جزر المحيط الهادى ، أما الحزام الزلزالى الثانى فيشمل حزام البحر المتوسط وعبر آسيا ، ويمتد من منطقة البحر الكاريبى خلال جبال الألب والهيمالايا ويشمل اسبانيا وايطاليا واليونان وشمال الهند ، وتنشأ حوالى ١٥٪ من الزلازل الأرضية فى هذا الحزام الأخير ، أما باقى الزلازل (حوالى ٥٪) فتحدث سى مناطق أخرى من العالم ٠

وتقع أغلبية الزلازل التى تحدث فى الولايات المتحدة فى المنطقة الساحلية المطلة على المحيط الهادى، وينشء معظمها فى كاليفورنيا، وتكون مصاحبة للتحركات على طول صدع سان اندرياس ، كما تحدث بعض الهزات فى مونتانا ويوتاه ونيفادا ٠

ولا يقتصر حدوث الزلازل فى الولايات المتحدة على ساحلها المطل على المحيط الهادى ، اذ أن مناطق أخرى مثل نيوانجلند وشيكاغو ونيويورك قد حدثت بها زلازل مختلفة الشدة ، ومن الأمور ذات المغزى أنه من ضمن الزلازل الخطيرة التى حدثت فى تاريخ الولايات المتحدة ، فان اثنين منها فقط حدثا فى مناطق بعيدة عن ساحل المحيط الهادى ، وهذان الزلزالان هما على وجه التحديد زلزال نيو مدريد بولاية ميسورى (عام ١٨١١ ـ ١٨١٢) وزلزال شارلستون جنوب كارولينا (عام ١٨٨٦) ٠

تأثير الزلازل :

أصبح التأثير المخرب للزلازل معروفا لدى كل الناس ، وهو يشمل تحطيم المباني وازاحة الطرق وخطوط السكك الحديدية وانهيار الكبارى وحدوث شروخ كبيرة فى الأرض وتغيرات مفاجئة فى مستوى سطح البحر ، وهذا قليل من كثير من الآثار الأخرى للزلازل ، ففى بعض المدن

التى تصاب بالزلازل قد يحدث خراب من الحرائق اكثر مما هو حادث من الهزات الزلزالية ، فان انابيب توصيل الغاز المحطمة والاسلاك الكهربية المقطوعة والافران المقلوبة قد تحدث حرائق خطيرة ، وتتعطل محاولات اخماد هذه الحرائق بسبب فقد معدات مقاومة الحرائق وتحطم الخطوط الرئيسية لانابيب المياه وتعطل وسائل المواصلات ٠

وقد تكون أرقام الوفيات الناتجة من زلزال شديد مذهلة الى حد كبير ، فمثلا ادى الزلزال الشهير فى شمال وسط الصين عام ١٥٥٦ الى قتل حوالى ٨٣٠ر٠٠٠ شخص ، وبسبب حدوث الزلزال بسرعة وبطريقة غير متوقعة فانه لا يوجد وقت كبير للحذر والاحتياطات ، وقد ترتفع اعداد الوفيات أيضا بسبب عوامل معقدة ناتجة من انتشار الأمراض والفيضانات والحرائق والمجاعات ٠

وبالاضافة الى فقدان الحياة والممتلكات فان الزلازل تسبب عدة تغيرات جيولوجية فى مناطق حدوثها ، مثل الانزلاقات الأرضية والانهيارات الجليدية وفيضانات الوحل وانقطاع دورة المياه الجوفية وحدوث هبوط وشروخ فى بعض الأراضى ٠

أما الزلازل التى تحدث تحت قاع المحيط فهى تولد أمواجا مائية عالية تعرف باسم « تسونامى Tsunami » أو « أمواج الزلازل البحرية » ، وقد يصل ارتفاع هذه الأمواج الى ٦٠ مترا كما أنها تنتقل بسرعة تصل الى ٨٠٠ كيلومتر فى الساعة ، ولها تأثير مخرب هائل ، واحدى هذه الأمواج التى صاحبت الزلزال الكبير فى لشبونة بالبرتغال عام ١٧٥٥ وصل ارتفاعها الى ١٥ مترا وطغت اليابسة الى مسافة ٨٠٠ متر ، وقد حدث زلزال آخر شمال طوكيو على الساحل اليابانى المطل على المحيط الهادى عام ١٨٩٦ وقد وصل ارتفاع الموج الى ٣٠ مترا وتسبب فى موت اكثر من ٢٧ر٠٠٠ شخص ٠

الكشف عن الزلازل وتسجيلها :

يمكن الكشف عن الزلازل وتسجيلها بواسطة جهاز « مسجل الزلازل » أو « السيزموجراف » (شكل ١٠٧) ، ويتكون السيزموجراف اساسا من ثقل معلق فى زنبرك (اى بندول) تعليقا حرا حتى يتأرجح بتأثير الموجات التى سوف يسجلها ، وأداة التسجيل تدور بسرعة منتظمة،

والبندول كله متصل بقاعدة مثبتة على صخر الأديم (٥٨) ، وبسبب القصور الذاتى فان البندول نفسه لا يتاثر بأية اهتزازات فى صخر الأديم ولكن قاعدة الجهاز والعمود المثبتان فى الصخر باحكام سوف يتحركان بسبب هذه الاهتزازات ، ويوجد قلم مثبت فى البندول يقوم بتسجيل الاهتزازات على أسطوانة تدور بسرعة منتظمة وعليها ورق للتسجيل (وبعض الأجهزة تسجل على ورق التصوير الذى يتعرض لشعاع ضوئى منعكس من مرآة) ، وتظهر التسجيلات الناتجة (التى تعرف باسم « السيزموجرام Seismograms ») مدة الاهتزازة وشدتها ، وعندما تكون الأرض مستقرة يظهر السيزموجرام على شكل خط مستقيم ، أما الزلازل فانها تسبب نشاطا فى الحركة للبندول فيظهر السيزموجرام على شكل خط متموج (شكل ١٠٨) ٠

تحديد موقع الزلزال :

اذا أمكن الحصول على عدة سيزموجرامات جيدة خلال حدوث زلزال فانه يمكن استخدامها لتحديد موقع الزلزال ، ومن المهم لعالم الزلازل أن يعرف مكان بؤرة الزلزال (وهى نقطة داخل الأرض نشأت منها الاهتزازات) وموقع « النقطة فوق المركز Epicenter » وهى نقطة على سطح الأرض تقع فوق البؤرة مباشرة ، وهو يحدد ذلك بعد عمل دراسة مقارنة لسلوك الأنواع المختلفة من الموجات الزلزالية ٠

وعند حدوث زلزال تنتشر الموجات الزلزالية بدءا من البؤرة وفى كل الاتجاهات ، وتضعف شدتها كلما ابتعدت عن البؤرة ، وهى الموجات التى تختلف عن بعضها فى السعة (أى الحجم) والسرعة وتنقسم الى ثلاثة أنواع ، أولها الموجات الأولية ويرمز لها بحرف P وهى موجات تضاغطية تنتقل خلال الصخور بسرعة تتراوح من ٥ر٥ الى ١٣ر٨ كيلو متر فى الثانية ، وسرعتها تزيد مع تزايد العمق ، وهى أول الموجات التى يحس بها السيزموجراف ، والنوع الثانى هو الموجات الثانوية ويرمز لها بحرف S تنتقل فى جوف الأرض بسرعة تتراوح من ٣ر٥ الى ٧ر٢ كيلومتر فى الثانية ، وهى تصل الى السيزموجراف بعد الموجات الأولية مباشرة ، وموجات S لا يمكنها الانتقال فى السوائل ، وأخيرا الموجات الطولية L وهى موجات معقدة لها سعة كبيرة وتنتقل قرب سطح الأرض ، وهى تنشأ عند النقطة فوق المركز وتتولد

---

(٥٨) صخر الاديم هو الطبقة الصخرية الثابتة تحت التربة السائبة ، وقد سبق تعريفه فى فصل آخر ـ (المعرب) ٠

من الطاقة الناتجة من الموجات الأولية والثانوية ، وتنتقل الموجات الطولية بسرعة بطيئة نسبيا (حوالى ٥ر٣ كيلومتر فى الثانية) وهى آخر الموجات التى يسجلها السيزموجراف كما انها المسئولة عن الخسائر التى تحدثها الزلازل ٠

ويمكن استخدام دراسة زمن الوصول النسبى للموجات المختلفة الى أحدى محطات الرصد لتعيين بعد هذه المحطة من النقطة فوق المركز، فاذا أمكننا الحصول على سيزموجرامات من ثلاث محطات متباعدة للرصد الزلزالى فانه يمكن لاخصائى الزلازل أن يعين الموقع الدقيق للنقطة فوق المركز ، وللوصول الى ذلك فانه يقوم برسم دوائر بحيث تقع محطة الرصد عند مركز كل دائرة (٥٩) ، وفى هذه الحالة يمكن تحديد النقطة فوق المركز بأنها النقطة التى تتقاطع عندها الدوائر الثلاث (شكل ١٠٩)٠

حجم الزلازل :

يتناسب حجم الزلزال طرديا مع كمية الطاقة المنطلقة عند بؤرته ، وهذه بدورها لها علاقة بكمية الخراب التى أحدثها الزلزال ، وهذان المقداران (وهما الطاقة المنطلقة والخراب الحادث) يمكن التعبير عنهما باسم « المقدار » و « الشدة » على الترتيب ٠

المقدار Magnitude :

وضع اخصائى الزلازل الأمريكى تشارلز ف ٠ ريختر نظاما يعرف باسم مقياس ريختر الذى يعتمد على قياس الكمية الكلية للطاقة التى تنطلق من الزلزال وذلك كما يسجلها السيزموجراف ، وهو قياس كمى موضوعى ، ويقدر أهمية الزلزال اعتمادا على تأثيره فى الأشخاص والعمران ٠

ويستخدم « مقياس ريختر Richter Scale » أرقاما تصاعدية تبدأ من الرقم « واحد » لتعبر عن مقدار الزلزال ، وكل رقم يشير الى زلزال يبلغ فى قوته عشرة أضعاف الرقم الأصغر منه مباشرة ، أى أن زلزالا مقداره « ٥ » هو أقوى عشر مرات من زلزال مقداره « ٤ » ، وقد اعتبر أن الزلازل التى مقدارها ٧ فأكثر تكون من الزلازل الكبرى (٦٠) ٠

---

(٥٩) يشترط فى هذه الحالة أن يتناسب قطر كل دائرة مع الفارق الزمنى بين وصول أول موجات P وأول موجات S لمحطة رصد كل دائرة ـ (المعرب) ٠

(٦٠) فى مقياس ريختر يسجل السيزموجراف الزلازل التى مقدارها أقل من ٣ر٥ ، ويبدأ احساس الناس بالزلزال من هذا المقدار ويظهر التلف فى المبانى ابتداء من ٥ر٥ ، ويحدث الدمار العام فى الزلازل التى يزيد مقدارها عن ٨ ـ (المعرب) ٠

ومقياس ريختر هو مقياس مفتوح اذ ليس له حـد أعلى ، ولا نعلم على وجه التحديد ما هو الحد الأقصى لمقدار الزلازل مستقبلا على أن أقوى زلزال تم تسجيله حتى الآن يبلغ مقداره ٥ر٩ على مقياس ريختـر المعدل ٠

الشـــدة Intensity :

تعتبر شدة الزلزال دليلا تقريبيا عن حدة الهزة الأرضية فى منطقة قريبة من بؤرة الزلزال ، وتقاس بمقدار التلف الفيـزيائى أو التغيـر الجيولوجى الذى أحدثه الزلزال ، وتكون الهزة الزلزاليـة فى اقصى شدتها عند النقطة فوق المركز والتى تقع على سطح الأرض فوق بؤرة الزلزال مباشرة ، ويقل التلف العمـرانى كلمـا ابتعدنا عن النقطة فوق المركز ٠ وقد وضع العلماء عدةمقاييس للدلالة على الدرجات المختلفة من شدة الزلزال ، ويستخدم الآن فى الولايات المتحدة ما يعرف باسم « مقياس ميركالى Mercalli المعـدل » ، ويسـتخدم هـذا المقيـاس (كما هو مبين فى جدول ٦) أرقاما متتالية تدل على درجات مختلفة من الشدة ، وتبدأ من الرقم (١) (وهو يعبر عن زلزال ضـعيف جـدا لا تحس به سـوى أجهزة السيزموجراف) الى الرقـم «١٢» (الكارثة الزلزالية التى تحدث خرابا تاما) ، وهناك درجات مختلفة من الشدة بين هذين الحدين ، وعندما تكون النقطة فوق المركز معروفة فانه يمكن الدلالة على شدة الزلزال فوق الخـريطة بواسـطة « خطـوط تسـاوى الزلزلة » وهى خطوط توصل النقط المتساوية فى شدة الزلزال ٠

جدول ٦ : مقياس ميركالى المعدل لشدة الزلزال :

I	زلزال لا يحس به سوى قلة من الناس فى الظروف المناسبة ، كما يسبب اضطرابا فى سلوك الطيور والحيـوانات ، وقد تهتز الأشياء المعلقة ٠
II	زلزال يحس به قليل من الناس ولاسيما فى الأدوار العليا من المبانى ٠
III	زلزال محسوس داخل البيوت ولاسيما فى الأدوار العليا من المبانى لكن كثيرا من الناس لا يدرك انه زلزال ، وقـد ترتج السيارات الواقفة ، وتحدث اهتزازات كما لو كانت بسبب مرور عربات نقل خفيفة ، ويمكن تقدير زمن الزلزال ٠

IV زلزال يحس به الكثيرون داخل بيوتهم لكن قليلين يحسون به خارج البيوت ، وقد يوقظ النائمين اذا ما حدث ليلا ، وقد تضطرب الأطباق والنوافذ والأبواب ، وقد تحدث الحوائط صريرا وتهتز السيارات الواقفة بدرجة ملحوظة ، ويكون شعور الناس كما لو كانت سيارات نقل ثقيلة تمر فى الشارع ٠

V زلزال يحس به الجميع تقريبا ، وقد تتحطم الأطباق وزجاج بعض النوافذ ، وقد تتشقق طبقات الملاط على الحوائط ، كما قد تنقلب الأشياء غير المستقرة ، وتهتز الأشجار والأعمدة وما يماثلها ، وقد يتوقف بندول الساعة ٠

VI زلزال يحس به الجميع ، وينزعج منه كثير من الناس ويهربون خارج البيوت ، وقد تتحرك قطع الأثاث الثقيلة ، وقد تسقط الكتب من فوق الأرفف والصور المعلقة على الحوائط ، وقد تدق أجراس الكنائس والمدارس كما تحدث حالات قليلة من سقوط الملاط من الحوائط وتلف المداخن ، كما يحدث تلف بسيط فى أشياء أخرى ٠

VII زلزال يدفع الجميع للجرى خارج البيوت ، ويصعب على الناس الوقوف على أرجلهم ، ويحدث تلف بسيط للمبانى القوية ، كما قد يحدث تلف متوسط للمبانى جيدة البناء ، وتلف كبير للمبانى الضعيفة ، وتتحطم بعض المداخن ، كما يحس به سائقو السيارات ٠

VIII زلزال يحدث تلفا بسيطا للأبنية القوية ، وانهيارا جزئيا للمبانى العادية ، وتلفا كبيرا للمبانى الضعيفة ، كما تسقط حوائط الواجهات من بين أعمدة المسلح ، كما تسقط ايضا المداخن وابنية المصانع والأعمدة والمعابد القديمة والجدران، وتنقلب قطع الأثاث الثقيلة ، كما تقذف شقوق الأرض بكميات صغيرة من الرمال والطين وتحدث تغيرات فى مياه الآبار ٠

IX زلزال يحدث تلفا كبيرا فى المبانى القوية ، وتسقط هياكل المبانى الجيدة البناء ، ويحدث انهيار جزئى فى المبانى العامة، وقد تنحرف أساسات بعض المبانى وتتشقق الأرض ، ويحدث تلف خطير للخزانات وأنابيب المياه تحت سطح الأرض ، وتحدث حالة رعب بين البشر ٠

X زلزال تتخرب بسببه بعض المباني الخشبية الجيدة ، كما تتحطم معظم الأبنية وأعمدة المسلح ، وتحدث شروخ كثيرة في الأرض ، كما تلتوى قضبان السكك الحديدية بدرجة بسيطة ، وتحدث انزلاقات أرضية كبيرة من شواطىء الأنهار والمنحدرات السحيقة ، ويحدث نقل للرمال والطين ، وتندفع المياه في اتجاه الشواطىء ٠

IX زلزال تسقط بسببه معظم الأبنية (وتبقى ابنية قليلة) ، وتتحطم الجسور ، وتحدث شقوق واسعة في الأرض ، وتتعطل انابيب المياه تحت الأرض ، وتحدث انهيارات أرضية وانزلاقات في الأراضي اللينة ، وتلتوى قضبان السكك الحديدية بشدة ٠

XII زلزال يحدث تخريبا كاملا وتصعد امواج البحر فوق سطح الأرض ٠ وتختل الرؤية ، وقد تطير الأشياء في الهواء ٠

التنبؤ بالزلازل :

متى وأين تحدث الضربة الزلزالية القادمة ؟ وما هي شدتها ؟ الاجابة على هذين السؤالين حيوية جدا بالنسبة للشعوب التي تعيش في مواطن الزلازل ، والمهم أن نعرف اجابة هذين السؤالين ، والواقع انه قد أمكن التنبؤ بحدوث زلازل قليلة (ولاسيما في الصين الشعبية) لكن معظم التنبؤات لا يمكن الاعتماد عليها ٠

وقد بينت الأبحاث المعملية الحديثة انه قد تحدث تغيرات في سلوك الصخور قبيل حدوث الزلزال ، وعلى سبيل المثال فان الصخور المعرضة لضغوط تشويهية قد تزيد في الحجم قبل أن تنكسر ، ويحدث هذا التمدد الحجمي بسبب تكون شقوق دقيقة (ميكروسكوبية) وفراغات ضئيلة في الصخر قبل الزلزال ، ومن المعتقد أن تغير مستوى سطح الأرض وانبعاث غاز الرادون (وهو غاز مشع) وتغير التوصيل الكهربي للصخور دلائل على حدوث تمدد للصخر ٠

وقد يؤثر التغير في سلوك الصخر قبيل حدوث الزلزال على سرعة الموجات الزلزالية ، وقد لاحظ العلماء في بعض الأماكن أن الصخر الواقع تحت تأثير الاجهاد (في نطاق التصدع) قد تشوه بحيث ان الموجات الزلزالية قد نقصت سرعتها عند مرورها خلال هذا النطاق ، كما تشمل النذر الأخرى للزلازل مدلا غير متوقع للصخور السطحية وتغيرات

فى المجالين الكهربى والمغناطيسى ، وزلازل محلية صغيرة وتذبذبات فى ضغط السوائل تحت سطح الأرض ٠

ومن الأمور التى تجذب الانتباه ما ينتاب الحيوانات (مثل الكلاب والدجاج والماشية وبعض الأسماك وغيرها) من سلوك غريب قبيل حدوث بعض الزلازل ، ومن المحتمل أن هذه الكائنات لها قدرة على الاحساس بالتغيرات الدقيقة الحادثة فى الأرض بينما لا تتوفـــر هذه القدرة فى الانسان ٠

وبالرغم من التقدم الذى أحرزه العلماء الســـوفيت واليابانيون والصينيون والأمريكيون فان نتائج ابحاثهم غير جازمة حتى الآن، وبالتالى فان التنبؤ بحدوث الزلازل مازال مطمحا للعلماء فى المستقبل ٠

بعض الزلازل الشهيرة :

دون الانسان فى سجل التاريخ حوادث زلزالية عديدة جرى بعضها قبل الميلاد ، وسوف نورد وصفا مختصرا لبعض الزلازل :

زلزال لشبونة بالبرتغال (١٧٥٥) :

فى أول نوفمبر من هذا العام حدث ما يمكن اعتباره أقوى زلزال سجله التاريخ حتى ذلك الوقت ، وبالرغم من أن الهزة الزلزالية الأولى لم تستمر أكثر من ست أو سبع دقائق فانها خربت نصف المدينة تقريبا وأحس بها الناس فى دائرة مساحتها ٣ر٢٤٠ر٠٠٠ كيلو متر مربع ، وقد أعقبتها هزتان شديدتان ، حدثت احداهما بعد ٢٠ دقيقة من الهزة الأولى، وحدثت الهزة الأخرى بعد مرور ساعتين ،وقد طغت الأمواج البحرية الهائلة المصاحبة للزلزال على اليابسة الى مسافة تزيد عن ٨٠٠ متر وحطمت كل المنشآت الواقعة فى طريقها ، كما انتشرت الحرائق فزادت من خسائر المتلكات (حوالى ١٠٠ مليون دولار) ومات حـــوالى ٦٠ر٠٠٠ شخص ٠

زلزال نيومدريد بولاية ميسورى (١٨١١ ـ ١٨١٢) :

حدثت صدمات زلزالية متتابعة شعر بها الناس المقيمون بين شاطىء الأطلنطى وجبال روكى ومن كندا الى المكسيك ، وقد حدثت الهـزة الأولى فى مدينة نيومدريد فى الساعة الثانية من صباح ١٦ ديسمبر عام ١٨١١ وقد تبعتها عدة هزات متوالية استمرت لبضعة أيام ، ثم حدث زلزال قوى آخر فى نهاية يناير ١٨١٢ ، أما الزلزال الثالث (وهو أقواها على

الاطلاق) فقد حدث فى أوائل فبراير ، وخلال هذه الفترة التى تبلغ ثلاثة شهور من النشاط الزلزالى حدث فى نفس المدة أن سجلت المراصد ١٨٧٤ هزة فى مدينة لويزفيل بولاية كنتوكى على بعد ٣٢٠ كيلو مترا من مدينة نيومدريد ، ولحسن الحظ أن هذا الجزء من الولايات المتحدة ، لم يكن كثيف السكان فى أوائل القرن التاسع عشر ، ولذلك فان الخسائر فى الأشخاص والممتلكات كانت محدودة ، على أن المنطقة قد عانت من تغيرات جيولوجية كبيرة تسببت فى انزلاقات أرضية وتأثيرات طوبوغرافية وتغيرات فى الحدود الأرضية ، فالمناطق التى كانت مستنقعات (قبل الزلزال) حدث لها رفع ونزح لمائها بينما هبطت مناطق أخرى من متر الى ثلاثة أمتار وكونت مستنقعات وبحيرات ، وتغير مسار نهر المسيسيبى ، وتكونت بحيرة « ريلفوت » فى شمال غرب تينيسى لتصبح احدى البحيرات الكبرى التى كونتها الزلازل ، ويبلغ طول هذه البحيرة ٣٠ كيلومترا وعرضها عدة كيلومترات ٠

زلزال شارلستون بكارولينا الجنوبية (١٨٨٦) :

وقد حدث هذا الزلزال فى منطقة كانت تعتبر أرضا مستقرة (مثلما الحال فى زلزال نيومدريد) ، وخلال هذا الزلزال زادت شدة الموجات الزلزالية حتى بدت الأرض وكأنها ترتفع وتنخفض فى تموجات مرئية ، وهذا الزلزال الذى أحدث اضطرابا كبيرا وقتل ٢٧ شخصا أحس به الناس فى معظم الجزء الشرقى من الولايات المتحدة ٠

زلزال سان فرانسيسكو بولاية كاليفورنيا (١٩٠٦) :

حدث هذا الزلزال الشهير فجر يوم ١٨ ابريل من العام المذكور ، وقد استمر الزلزال ٦٧ ثانية فقط وقد نتج عن حركة أرضية أفقية على طول صدع سان اندرياس ، وخلال هذه المدة الزمنية القصيرة قتل ٧٠٠ شخص وتحطمت أبنية كثيرة ، أما الحرائق الكبيرة التى تلت الزلزال فقد سببت خسائر بلغت عدة مئات من ملايين الدولارات ، ودمرت جزءا كبيرا من المدينة ، وقد حدثت انزلاقات أرضية فى المناطق الجبلية ، وتكونت شقوق كبيرة فى الأرض وانحنت الأعمدة وقضبان السكك الحديدية حوالى ستة أمتار ٠

زلزال خليج ساجامى باليابان (١٩٢٣) :

وهو أحد الكوارث الكبرى فى العصر الحديث ، وقد تسبب فى فقد ما يزيد عن ٢٠٠ر٠٠٠ شخص ومنشآت تقدر بمليارات الدولارات ،

وبالرغم من أن الزلزال قد نشأ عند خليج ساجامى على بعد ١١٥ كيلو مترا من طوكيو وحوالي ٨ كيلو مترات من يوكوهاما فان هاتين المدينتين قد تخربتا بشدة ، وقد تولدت تسونامى (أى أمواج بحرية زلزالية) هائلة بفعل الزلزال تحت البحرى وأحدثت خرابا شديدا على طول الشاطىء ، كما اشتعلت حرائق أتت على ٧٠٪ من منشآت مدينة طوكيو وخربت مدينة يوكوهاما تماما ٠

زلزال بحيرة هبجن بولاية مونتانا (١٩٥٩) :

حدث تتابع من الزلازل يوم ١٧ اغسطس فى منطقة بحيرة هبجن على الحدود بين ولاية مونتانا وولاية ويومنج فى منتزه يلوستون ، وقد حدث خراب كبير بسبب الانزلاقات الأرضية التى دفنت ٢٨ شخصا من نزلاء معسكر الخيام قرب خليج نهر ماديسون ، أما انزلاق منطقة نهر ماديسون الذى يقدر بحوالى ٣٠ ـ ٥٥ مليون متر مكعب من الصخور فقد كون سدا طبيعيا وأنشأ بحيرة جديدة تقع على بعد ١١ كيلومترا من سد هبجن ٠

زلزال شيلى (١٩٦٠) :

حدث خلال شهر مايو تتابع من الزلازل على طول شاطىء شيلى ، ويعتبر من أكثر الزلازل تخريبا خلال القرن العشرين ، فقد تخربت كل المبانى فى المنطقة وانقصفت الأشجار وأعمدة التليفون كما لو كانت عيدانا من الثقاب ، كما حدثت عدة شقوق فى الأرض ، وانسابت التربة كما لو كانت سائلا ، كما حدث تخريب نتيجة للأمواج البحرية الزلزالية، وتراوح ارتفاع هذه التسونامى من ٥ر٣ الى ٩ أمتار وأغرقت عدة قرى شيلية كما أغرقت مئات من الناس ، وقد كانت قوة هذه الأمواج كبيرة حتى انها عبرت المحيط الهادى بسرعة تصل الى ٧٢٠ كيلو مترا وخربت قرى فى الهاواى واليابان ، وقد سبب هذا التتابع الزلزالى خرابا فى المنشآت يعادل عدة مليارات الدولارات ، وقتل أكثر من ٥٠٠٠ شخص ٠

زلزال ألاسكا (١٩٦٤) :

وهو أحد الزلازل الشديدة فى تاريخ أمريكا الشمالية ، وقد حدث قرب أنشوراج فى الاسكا بعد ظهر يوم الجمعة الحزينة (٦١) يوم ٢٧ مارس ، وقد نتجت عنه خسارة فى الممتلكات تصل الى ملايين الدولارات

---

(٦١) وهو اليوم الذى يوافق ذكرى صلب المسيح فى عقيدة المسيحيين ـ (المعرب) ٠

وفى بعض الأماكن تحركت الأرض لأعلى حوالى ٩ أمتار (أو أكثر)، بالاضافة الى الأمواج الزلزالية البحرية (تسونامى) التى أزاحت كثيرا من المنشآت التى بناها الانسان على شواطىء المنطقة ، ولأن المنطقة التى تأثرت بالزلزال لم تكن كثيفة السكان فقد مات ١١٥ شخصا فقط ، وهو عدد صغير نسبيا اذا ما أخذنا فى الاعتبار مقدار هذا الزلزال والطاقة التى انطلقت منه ٠

زلزال وادى سان فرانندو بولاية كاليفورنيا (١٩٧١) :

حدث هذا الزلزال يوم ٩ فبراير وأثر على جنوب كاليفورنيا ، وهو من أكثر الزلازل تخريبا فى المائتى سنة الأخيـــرة من تاريخ الولايات المتحدة ، فقد أصاب الحافة الشمالية الغربية من مدينة لوس انجلوس وأثر على أكثر من مليون فرد من السكان ، ويقدر حجم الزلزال بحوالى ٥ر٦ على مقياس ريختر وسبب موت ٦٤ شخصا ، وبالنسبة للممتلكات فهو ثالث زلزال فى تاريخ كاليفورنيا من حيث قوة التدمير وقد خرب ما قيمته أكثر من ٥٠٠ مليون دولار ٠

زلزال تنجشان بالصين الشعبية (١٩٧٦) :

بالرغم من أن التفاصيل لم تعلن حتى طبع هذا الكتاب فانه يمكن القول بأنه أسوأ كارثة طبيعية مرت على الصين خلال القرن العشرين ، ولقد كانت النقطة فوق المركز لهذا الزلزال القاتل فى مدينة تنجشان الصناعية (وهى مركز لاستخراج الفحم الحجرى وتقع على بعد ١٥٠ كيلومترا من بكين) ، ومقداره ٢ر٨ على مقياس ريختر ، وقد قتـل هذا الزلزال المدمر ٢٤٢ر٠٠٠ شخص من سكان المدينـــة وأصبحت معظم المدينة متهدمة ، ويعزى الجزء الأكبر من هذه الكارثة الى انهيار المبانى المقامة بأعمدة الخراسانة ، ولكن لحسن الحظ وعلى خلاف الكوارث الزلزالية الأخرى فلم تحدث حرائق أو تسونامى بعد الزلزال (٦٢) ٠

التركيب الداخلى للأرض :

وبالرغم من أن الأهمية الكبرى للسيزموجراف تنبع من قدرته على

---

(٦٢) وقد حدثت زلازل خطيرة أخرى بعد هذا الزلزال مثل زلزال أرمينيا شمال غرب ايران (١٩٨٩) وهناك زلازل عديدة حدثت فى الوطن العربى مثل زلزال اغادير بالمغرب (١٩٦٠) الذى قتل ١٥ر٠٠٠ شخص فى ١٠ ثوان وزلزال أورليانزافيل بالجزائر (١٩٥٤) الذى قتل ٣٢ر٥٠٠ شخص ودمر معظم المدينة ، وتشققت الأرض لمسافة ١٠٠ كيلو متر ، كما حدث زلزال فى القاهرة مؤخرا (أكتوبر ١٩٩٢) تسبب فى سقوط كثير من المنازل ـ (المعرب) ٠

تسجيل الزلازل فانه كان ايضا مصدرا مهما لمعلوماتنا عن التركيب الداخلى للأرض ، وقد دلتنا المعلومات التى حصلنا عليها من السيزموجراف أن الليثوسفير (أو الجزء الصلب من الأرض ، انظر الفصل الأول) يمكن تقسيمه الى ثلاثة نطاقات : القشرة Crust والوشاح Mantle واللب Core (شكل ١١٠) ٠

القشرة : هى الطبقة الخارجية الرقيقة من الليثوسفير ، ويتراوح سمك القشرة من ٥ر٦ كيلو متر (فى بعض الأجزاء من قيعان المحيطات) لغاية ٥٠ كيلومترا عند بعض السلاسل الجبلية ، كما يتراوح وزنها النوعى من ٥ر٢ الى ٤ر٣ والى جانب اختلاف صخور القشرة فى السمك والوزن النوعى فانها تختلف أيضا فى تركيبها ، فالجزء الذى يقع تحت المحيطات أثقل من الجزء المكون للقارات ، وتعرف الصخور التى تحت المحيطات باسم « سيما Sima » ؛ لأنها غنية بالحديد والسيليكون والمغنسيوم (واللفظ مشتق من الحرفين الأولين لكلمتى سيليكون ومغنسيوم) وهى صخور من النوع البازلتى ٠

أما الصخور التى تكون قشرة القارات فيبدو أنها تتواجد فى طبقتين مميزتين ، الطبقة العليا لها طبيعة جرانيتية ، ولأن صخورها تحتوى على نسبة عالية من السيليكون والألومنيوم فانه يشار اليها فى العادة باسم « سيال Sial » ، وقد دلت دراسة الموجات الزلزالية الأولية والثانوية على أن سمك طبقة السيال يتراوح من ١٥ الى ٢٥ كيلومترا ، أما الطبقة السفلى فيتراوح سمكها أيضا من ١٥ الى ٢٥ كيلومترا وتتكون من صخور السيما التى تحت المحيطات ٠

وعند قاع القشرة توجد منطقة انقطاع موهوروفيسيك أو « خط موهو Moho » ، وهذا الحد القاطع الذى لاحظه أندريا موهوروفيسيك عام ١٩٠٩ (وهو عالم زلازل يوغوسلافى) يقع على عمق ٣٠ الى ٥٠ كيلو مترا تحت سطح الأرض ، وتحت هذا الخط تزيد سرعة انتقال الموجات الزلزالية الأولية ، والثانوية مما يفيد بوجود تغير فى كثافة الصخور التى تحت خط موهو ٠

الوشاح : هذا النطاق الأوسط يقع تحت خط موهو مباشرة ويبلغ سمكه ٢٩٠٠ كيلومتر ، وتزيد سرعة الموجات الأولية والثانوية بالتدريج عند دخولها هذا النطاق ، ويدل سلوك هذه الموجات على أن الوشاح صلب وتزيد كثافته مع العمق ، ويتراوح الوزن النوعى لصخور الوشاح من ٥ر٣ فى الجزء العلوى منه الى ٨ عند قاعه ٠

اللب : يبلغ قطره حوالى ٦٩٠٠ كيلو متر وهو ساخن جدا وعالى الكثافة ويقع تحت ضغط هائل ، وقد قسمه العلماء الى جـزءين : الجزء الخارجى الذى قد يكون سائلا واللب الداخلى الذى يعتقد أنه صلب ، ويبدأ اللب الخارجى عند قاعدة الوشاح (على عمـــق حوالى ٢٩٠٠ كيلومتر من سطح الأرض) أما سطحه السفلى فيقع على عمق ٥١٠٠ كيلومتر تقريبا من سطح الأرض ، ويعتقد أن هذا اللب الخارجى ذو طبيعة سائلة لأن الموجات الزلزالية الثانوية لا تمر فيه بينما تمر الموجات الأولية بسرعة منخفضة ، كما يعتقد أن سمكه يبلغ ٢٢٠٠ كيلومتر ، وأن الوزن النوعى للمواد التى تكونه يبلغ ١٢ أو أكثر ٠

أما اللب الداخلى الذى يصل قطره الى حوالى ٢٧٠٠ كيلومتر فيعتقد أنه صلب ، وقد تبين العلماء ذلك من الحقيقة التى تظهر أن هناك زيادة مفاجئة فى سرعة الموجات الأولية فى هذا الجزء من اللب ، ويعتقد أيضا أن هذا اللب الداخلى يتكون من فلزى النيكل والحديد ، ومكوناته ثقيلة جدا ، وقد يزيد وزنه النوعى عن ١٧ ٠

الفصل السادس عشر

السهول والهضاب والجبال

عرفنا فى الفصل الأول أن سطح الأرض غير منتظم على الاطلاق ، وتشمل ملامح التباين الرئيسية لسطح الأرض « ملامح التباين من الدرجة الأولى » وهى القارات وقيعان المحيطات ، وقد نوقشت فى فصول سابقة، أما ملامح التباين من الدرجة الثانية ، التى تشمل السهول والهضاب والجبال فسوف تناقش هنا ٠

السهول

تتميز السهول الساحلية (والهضاب ايضا) بان أرضيتها مكونة من صخور طبقية مسطحة ، وتختلف السهول عن الهضاب فى مقدار أرتفاعها النسبى فوق سطح البحر ومبلغ التباين ، اذ تقع معظم السهول (وليس كلها) قرب مستوى سطح البحر ونادرا ما يزيد التباين (أى الفارق بين أعلى وأخفض نقطة) عن مائة متر تقريبا ٠

السهول الساحلية :

وتشمل السهول البحرية الداخلية مثل « السهول الداخلية لوادى نهر المسيسيبى العلوى » التى نشأت بعملية رفع لم يحدث فيها ثنى أو التواء ، كما تشمل السهول الساحلية مثل « سهول الأطلنطى الساحلية » التى تكونت بسبب حدوث رفع للقاع الضحل للمحيط ٠ وتختلف أنواع السهول حسب طبيعة الصخر الذى يكون أرضيتها ٠

سهول البحيرات :

وهى التى تتكون بسبب ظهور قاع البحيرة ، ويحدث هذا كنتيجة لتبخر

ماء البحيرة أو حدوث رفع للقاع أو نزح للماء ، وأكبر سهل من هذا النوع فى أمريكا الشمالية هو سهل بحيرة « اجاسيز » ، فهذه البحيرة الكبيرة كانت موجودة خلال العصر الثلجى الكبير (انظر فصل ٢٢) وكانت مساحتها ٢٥٠ر٠٠٠ كيلو متر مربع من ولايتى داكوتا الشمالية ومينيسوتا ومنطقة من كندا (مانيتوبا وساسكتشيوان) .

السهول الطمية :

قد تتكون سهول الأنهار أو السهول الطمية كسهول فيضية فى وديان الأنهار أو سهول الدلتاوات عند فم النهر ، أو سهول السفح الطمية (وهى سهول مروحية تتكون عند سفوح الجبال ، (انظر الفصل التاسع) ، وكلمة طمى تعنى طينا أو رملا ناعما أو أى رسوبيات مشابهة .

سهول المثالج :

قد تتسبب المثالج فى تكوين سهول باحدى طريقتين ، ففى الحالة الأولى قد يصبح سطح صخرالأديم مستويا بفعل التحات المثلجى ، أما الحالة الثانية فان سهول الاكتساح (فصل ١١) قد تترسب أمام المثلجة .

سهول اللابة :

وهى سهول تكونت من انتشار اللابة المنسابة من براكين هادئة أو من شقوق الأرض ، وأفضل الأمثلة لهذا النوع من السهول نجده فى جزر ايسلاند والهاواى .

الهضاب

هى أراض شبه مستوية تقع عند ارتفاع كبير ومكونة من طبقات صخرية أفقية ، وعلى عكس السهول فان الهضاب ذات تباين كبير ، وفى العادة يكون سطحها مقطوعا ببعض الوديان والممرات ، وقد ترتفع معظم الهضاب بما يزيد عن ٦٠٠ متر فوق مستوى سطح البحر ، وقد يزيد ارتفاع بعضها (مثل هضبة كولورادو) عن ١٦٠٠ متر فوق سطح البحر .

هضاب الصدع :

قد تتعرض بعض السهول لتأثير صدع رأسى مما يرفعها فوق

مستوى سطح البحر ، وتتكون هضاب الصدع من مجموعة من الكتل الصدعية المرتفعة شبه الأفقية ، وافضل مثال لها هضبة كولورادو جنوب غرب الولايات المتحدة ٠

هضاب الالتواء :

تتكون بعض الهضاب بعملية رفع بطيئة قد تكون مصحوبة بصدوع، وقد تكونت هضبة الأباالاش فى شرق الولايات المتحدة بهذه الطريقة ٠

هضاب اللابة :

وتتكون من تراكم الانسيابات الأفقية للابة فتنشأ منطقة ذات ارتفاع كبير ، مثل هضبة كولومبيا فى شمال غرب الولايات المتحدة ، وهى هضبة من اللابة مساحتها حوالى ٥٠٠ر٠٠٠ كيلومتر مربع وعمقها اكثر من ١٠٠٠ متر (٦٣) ٠

الجبـــال

الجبال هى مناطق ذات تباين شديد وارتفاعات كبيرة ، كما أن لها قمما صغيرة نسبيا ترتفع عما حولها بطريقة ظاهرة للعيان ، ويعتقد بعض الجيولوجيين أن الجبال تقتصر على المناطق التى حدث فيها تشوه للصخور ، وهذا يعنى أن ما يسمى « جبال التحات » التى تتكون من التشقق الشديد للهضاب لا تعتبر جبالا ، وتكون الجبال التى تتجمع فى شكل تسلسل من الحيود المترابطة وحدة مستمرة تعرف باسم « النسق الجبلى Mountain Range »، اما « النظام الجبلى Mountain System » فهو مجموعة من النسق الجبلية التى لها تاريخ جيولوجى مشترك ، « والسلسلة الجبلية » هى وحدة مستطيلة تتكون من عدة انظمة جبلية قد لا تتشابه فى الشكل أو فى العمر ٠

أصل الجبال :

قد تتكون الجبال بطرق عديدة ، فتتكون « الجبال البركانية » مثلا من تجمع الرماد واللابة ، اما « جبال الكتل الصدعية » فهى أجزاء من قشرة الأرض حدث لهـا مفـع عن طـريق الصدوع ، على أن السـلاسل الجبلية الحقيقية تتميز بتاريخ جيولوجى معقد ، اذ تشتمل الجبال الشهيرة مثل الالب والأباالاش وروكى على عمليات ترسيب وتثنى وتصـدع ونشاط

---

(٦٣) ومثلها ايضا هضبة الديكان بالهند ـ (المعرب) ٠

نارى تبعتها عمليات رفع وتحات ، وبالتالى فانها تعرف باسم « جبال الثنيات » أو « الجبال المعقدة » ٠

وعلى أية حال فن الجبـــل تتكون من تحرك ألواح القشرة ، فقد تتشابك طبقات الصخور أو تنثنى ثم تنكسر فىالنهاية وذلك عندما تتقارب الألواح أو تنزلق بالنسبة لبعضها أو تتباعد عن بعضها ، وقد يحـدث عند أطراف القارات أن تنضوى الألواح المحيطية تحت الألواح القاريـــة (انظرالفصل الثانى) فيتكون صهير قد يؤدى الى نشاط بركانى ، ومع ذلك فان قليلا من السلاسل الجبلية قد تتكون وسط الألواح (وليس قرب أطرافها) وذلك لأسباب تتعلق بالصدوع أو النشاط البركانى ، وبتعبير آخر نقول انه بالرغم من أن نظرية تكتونية الألواح لا تشرح بطريقـة كاملة أصل تكوين كل أنواع الجبال ، فان هذه النظرية (التى صنعت انقلابا فى تفكير العلماء) قد ألقت الكثير من الضوء على كيفيـة تكـون الجبال بوجه عام ، وبوجه خاص تكوين الأحزمة الجبلية الطويلة الضيقة والمنحنية التى نشأت حديثا ٠

الجبال البركانية :

هى جبال تكونت نتيجة للنشاط النارى الطفحى (شكل ١١١ ــ ١)، وقد تتكون من أعناق بركانية مثل جبال شيبروك بولاية نيومكسيكو ، أو طبقات مخروطية من شظاياالصخور النارية حول فوهة وسطى (مثل جبل مايون بجزر الفيليبين) ، أو تجمع من طفوح اللابة حول فوهـــة وسطى (مثل جبل مونالوا فى جزر الهاواى) ، أو القباب البركانية (مثل قمة لاسن بولاية كاليفورنيا) ٠

وبعض الجبال الكبرى والشهيرة ترجع لأصل بركانى مثل جبـل شاستا وجبل هود وجبل سانت هيلين وجبل رينير فى شمال غـــرب الولايات المتحدة وجبل اتنا وجبل فيزوف فى شمال ايطاليا ، وجبل فوجى ياما فى اليابان وجبل بوبوكاتيبتل فى المكسيك ، وبالاضافة الى ذلك فان جزر هاواى والبوتيان تكونت من سلاسل جبلية بركانية عالية نشأت على قاع المحيط ٠

جبال الثنيات :

قد تسبب اضطرابات القشرة انثناءات شديدة فى طبقات الصخور بحيث تنحنى لأعلى بما يقدر بآلاف الأمتار (شكل ١١١ ــ ب) ، وقـد يصاحب الانثناء (الذى يحدث عادة من تضاغط الطبقات الصخرية) بعض التصدع ، وهكذا فان نسق الجبال المتكون يشمل تبادلا من انحناءات

لأعلى (أى ثنيات محدبة) مع انحناءات لأسفل (أى ثنيات مقعرة)، وأفضل مثل معروف لجبال الثنيات هو جبال جورا فى فرنسا وسويسرا ، كما أن جبال الأبالاش هى مثل جيد للجبال التى نشأت من ثنى صخور ذات سمك كبير سبق أن تجمعت فى قعيرة عظمى (جيوسينكلين) قديمة ، وقد صاحب الرفع والثنى حدوث بعض الصدوع ، ومثل هذه الجبال تسمى أحيانا « جبال الثنيات المعقدة » وتشمل جبال الثنيات (أو الجبال المعقدة) جبل الألب والهيمالايا والأنديز وروكى ، وقد سبق مناقشة بعض النظريات التى تشرح أصل قوى التضاغط التى تسبب الثنيات فى الفصلين الثانى والسابع .

وقد تسبب المتدخلات النارية رفعا لطبقات الصخور فتكون « القباب » العريضة ، وبهذا يتكون الجبل عندما تغزو الصخور المنصهرة صخر الأديم فتضطر طبقات الصخور الى الارتفاع لأعلى ، وهذه المتدخلات النارية المسئولة عن تكوين القباب العريضة هى فى الغالب من نوع اللاكوليث (انظر الفصل الرابع) ، فجبال هنرى بولاية يوتاه هى قباب لاكوليثية ، ولكننا لا نستطيع أن نعتبر أن كل جبال القباب قد تكونت عن طريق متدخلات اللاكوليث ، اذ أن بعض هذه الجبال (مثل « التلال السوداء » بولاية داكوتا الجنوبية) تتخذ شكل قباب عريضة كما أن لها لبا من الجرانيت ولكنها ليست ذات أصل لاكوليثى .

الكتل الصدعية أو جبال الكتل :

قد تتسبب ظاهرة التصدع فى رفع كتل كبيرة من القشرة الأرضية الى أعلى ثم امالتها بزوايا مختلفة (شكل ١١١ ـ ج) ، ولهذا فان جبال الكتل الصدعية تتميز بأنها ذات انحدار شديد وقصير من ناحية وانحدار طويل هادىء من الناحية الأخرى ، وعلى سبيل المثال فان جبال « سييرانيفادا » فى شرق ولاية كاليفورنيا قد تكونت من كتلة مقاومة للتحات طولها حوالى ٦٤٠ كيلو مترا وعرضها حوالى ١٢٠ كيلو مترا ، فقد حدث رفع لهذه الكتلة الهائلة ثم امالة فى اتجاه الغرب ، والجبهة شديدة الانحدار لهذا النسق الجبلى عبارة عن جرف صدعى يواجه الشرق ، وقد تكونت جبال « واساتش » فى ولاية يوتاه بطريقة مشابهة .

الجبال المعقدة :

نشأ كثير من السلاسل الجبلية الشهيرة بعوامل مركبة من النشاط الصهيرى والحركات التكتونية ، وقد سميت بالجبال المعقدة بسبب تاريخها الجيولوجى المركب ، وهى تحمل دلائل على حدوث ثنيات

وصدوع ونشاط بركانى وتدخلات نارية وتقبب ، وبعض الجبال المعقدة مكونة فى اغلبها من صخور نارية وبعضها الآخر من صخور متحولة أو صخرية رسوبية شديدة التشوه ، وتشمل الجبال المعقدة فى الولايات المتحدة « جبال الحيد الأزرق » فى فرجينيا و « الجبال البيضاء » فى نيوهامبشير » وجبال « اديروناك » فى نيويورك وجزء كبير من جبال روكى غرب الولايات المتحدة (٦٤) ٠

بقايا التحات :

يجب الا ننسى هنا ذكر بعض الملامح الطوبوغرافية التى « ترتفع بطرق ظاهرة بالنسبة للمنطقة التى حولها » ولكنها لا تتكون من صخور مشوهة أو متاثرة بقوة ما ، ويضعها علماء الأرض ضمن تقسيم خاص تحت اسم « جبال التحات » أو « الجبال المتبقية » لأنها بقايا لأراض مرتفعة عانت من تحات مستمر لفترات طويلة ٠

وهذه النوعية من الجبال تنشأ فى مناطق الهضاب العالية المقطوعة بالوديان ، وهى تشمل « تلال المعزاء Mesas » (شكل ١١٢ ـ ا) وهى تلال لها قمم مستوية وعريضة ، « والتلال الخيمية Buttes » (شكل ١١٢ ـ ب) وهى تلال صغيرة نسبيا ولها جوانب شديدة الانحدار وقمم ضيقة ، ويوجد بعضها فى جنوب غرب الولايات المتحدة ، حيث تسمى جبالا لأنها ملامح طوبوغرافية ظاهرة ، وتتكون من طبقات افقية لم تتاثر باية حركات أرضية ، مثل « جبال كاتسكيل » فى شرق ولاية نيويورك و « جبال الليجينى » فى غرب فرجينيا وبنسلفانيا والتى تكونت على سطح هضبة قديمة ذات تضاريس متباينة ٠

وهنا بقايا تحات كانت جزءا من جبل ، مثل « برج الشيطان » فى ولاية ويومينج ، وهى كل ما تبقى من قباب لاكوليثية يعتقد كثير من الجيولوجيين انها كانت موجودة فى الماضى ، وبعض الاعلام Monadnocks » (جمع كلمة « علم » وهو احد بقايا التحات المعزولة بقى بارزا وسط احد السهوب شبه المسطحة) تعتبر ايضا بقايا سلاسل جبلية قديمة مثل « جبل الحجر » بولاية جورجيا و « جبل مونادنوك » فى ولاية نيوهامبشير (وقد اخذت كلمة علم فى الانجليزية وهى « مونادنوك » من اسم الجبل الأخير) (٦٥) ٠

---

(٦٤) وجبال اطلس فى شمال الجزائر والمغرب ـ (المعرب) ٠

(٦٥) توجد مثل هذه التلال فى السهب المعروف باسم « ظهر الرقيبات جنوب غرب الجزائر وشمال موريتانيا ـ (المعرب) ٠

الفصل الســـابع عشر

المعادن ومصادر الطاقة

مع تقدم علم الجيولوجيـا عرفنا كيف نستخدم نظريات هذا العلم وتطبيقاته وأن نستفيد منها ، وقد بينت الفصول السابقة بعض الاعتبارات النظرية أو العلمية البحتة للجيولوجيا ، والآن سوف نتكلم باختصار عن بعض التطبيقات العملية للجيولوجيا ٠

ويعتبر التنقيب والتطوير وضمان استمرارية وبقاء « المصادر المعدنية غير المتجددة » ضمن الأهداف الرئيسية للعاملين فى مجال الجيولوجيا ، وهذه المواد التى تتضاءل بسرعة والتى لا يمكن تعويضها تشمل الفلزات مثل الحديد والرصاص والذهب وكذا المعادن اللافلزية (التى لا تقل عن معادن الفلزات فى الأهمية) مثـل الملح والكبريت ، أما الوقود المتحفر (مثل الفحم الحجرى والبترول) فهو أساسى ولازم من أجل الاستفادة من المعادن التى ذكرناها ، لأنه يمدنا بالطاقة المطلوبة لتحويل المعادن الخام الى سلع مفيـدة ٠

ولماذا قلنا « مصادر غير متجددة » ؟! لأن هذه المواد الخام تشبه بعض المحاصيل الزراعية التى لا يتكرر انتاجها ، انها عندما تنضب فلا يمكن أن « تنبت » من جديد ، فعندما ننزع الفحم الحجرى من مناجمه فى الأرض ونرسله للأفران فان كل ما يتبقى مكانه هو شىء يشبه الندبة القبيحة على وجه الأرض ، وبعكس أشجار الفاكهة التى تعطى زهورا وفاكهة جديدة فى كل فصل قادم فان الفحم ينضب الى الأبد ، وينطبق نفس المبدأ على كل المعادن التى نستخلصها من باطن الأرض ، فالجيولوجى يعلم تماما أن امداداتنا من المعادن فى حالة انكماش مستمر ، وأنه لن تنبت معادن جديدة لآلاف السنين القادمة (أو الى الأبد) ٠

وتعتمد سلامة الاقتصاد الصناعى فى العالم أجمع على سهولة الحصول على الأنواع المختلفة من الخامات الأرضية وكذا سهولة استخدامها، ولهذا فان تزايد الحاجة الى المصادر المعدنية مع زيادة عدد البشر قد أدى الى زيادة المسئولية التى يحملها علماء الجيولوجيا ٠

المصـــادر المعـــدنية :

نشكر الله تعالى من أجل التقدم الحديث فى العلوم والتكنولوجيا ، فقد أصبح الآن ممكنا أن نجد المصادر المعدنية التى لم يكن من السهل الحصول عليها منذ عشرة أو عشرين عاما ، لكن زيادة فرص الحصول على المعادن قد سببت تزايد الطلب عليها لأن المهندسين والعلماء قد فتحوا عيوننا على استخدامات جديدة وغير متوقعة لهذه المعادن ، وبهذا تصل الجيولوجيا الى واحد من أهم الأهداف من أجل اكتشاف وتطوير وضمان استمرارية المصادر المعدنية الطبيعية الموجودة فى باطن الأرض ، والتى تشمل المواد المنتجة للطاقة مثل الوقود المتحفر والوقود النووى (المشع) والمعادن الفلزية واللافلزية والصخور اللازمة للصناعة ٠

الوقـــود المتحفر :

ويشمل الفحم الحجرى والبترول وهما من أهم المواد وأكثرها قيمة وضرورة فى الصـــناعة الحديثة ، وقد اشـــتق اسم « الوقود المتحفر Fossil Fuels » من الحقيقة التى تقول ان هاتين المادتين قد تكونتا من بقايا الكائنات القديمة ٠

الفحـــم :

وقود متحفر من أصل نباتى ، ويتواجد فى أنواع خاصة من الصخور الرسوبية ، ويتكون بنسبة كبيرة من الكربون والأيدروجين والأكسيجين والنيتروجين ، وفى العادة يحتوى على نسبة قليلة من الكبريت والسيليكا وأكسيد الألومنيوم كشوائب ، ويتكون الفحم الحجرى بعملية التفحم التى بواسطتها تفقد المواد النباتية المتحللة الماء والمواد الطيارة ، فتنتج عن ذلك زيادة فى نسبة الكربون (انظر أيضا الفصل التاسع عشر) ، وقد سبقت مناقشة الأنواع المختلفة من الفحم الحجرى وطرق تكونها فى الفصـل الخامس من هذا الكتاب ٠

وتوجد كميات كبيرة نســـبيا من الفحم الحجرى فى باطن الأرض بمختلف أرجائها ، وأكبر الدول المنتجة للفحم الحجرى هى ألمانيا والولايات

المتحدة وبريطانيا (٦٦) ، وأهم المناطق المنتجة للفحم فى الولايات المتحدة تقع فى فرجينيا وبنسلفانيا وايلينويز وكينتوكى واوهيو (شكل ١١٣)، وبالرغم من أن البترول قد حل مكان الفحم فى كثير من العمليات الصناعية فان مئات الملايين من الأطنان من الفحم الحجرى مازالت تستخرج سنويا فى الولايات المتحدة ، ومازال الفحم أهم وقود صلب فى العالم .

ورغم انتشار الفحم وسهولة معالجته نسبيا الا أن البترول والغاز الطبيعى هما الأكثر استخداما كوقود ، كما أن احتراق الفحم المحتوى على نسبة عالية من الكبريت يلوث الهواء مما قد يؤدى الى تساقط « الأمطار الحمضـــية » التى تضر الكائنات ، والحقيقة أن البترول يعتبر وقودا « أكثر نظافة » كما أنه أقل تكلفة من الفحم بالنسبة للنقل والتخزين ، الا أن التناقص السريع فى مخزون البترول سوف يجعل الفحم الحجرى المصدر الأساسى للطاقة فى المستقبل .

البترول (النفط) :

ويشمل الزيت والغاز الطبيعى ، ويعتقد العلماء أن هاتين المادتين قد تكونتا من بقايا نباتات أو حيوانات بحرية دقيقة الحجم ، وهذه البقايا التى دفنت فى الطين والرمل فى بحار ضحلة فى العصور الماضية قد عانت من تحلل بطىء بواســـطة البكتريا ، تاركة مواد تتكون من الكربون والايدروجين ، وتكون هذه « المواد الهيدروكربونية » عادة مختلطة مع كميات قليلة من الكبريت والنيتروجين وعناصر أخرى ، وبالرغم من أن العوامل التى حولت المواد العضوية الى بترول غير مفهومة تماما فانه يبدو أنها قد تكونت خلال زمن طويل مع زيادة فى درجة الحرارة والضغط اللذين أثرا على الصخر الرسوبى .

وبعد تكون البترول انتقـــل من الطين والطفلة الصفحية (اللذين تكون فيهما) الى صخور أكثر مسامية ، ثم هاجر الى تركيبات صخرية مناسبة لتركيز البترول ، ويسمى الصخر الرسوبى الذى تكون فيه الزيت والغاز الطبيعى باسم « صخر المصدر » ، الذى يتكون فى العادة من طين أو طين صفحى داكن اللون ويحتوى على كمية كبيرة من المواد العضوية ، اما الصخر المسامى المنفذ الذى يهاجر الزيت من خلاله فيعرف باسم « صخر المكمن » ، وتعتبر الرمال والحجر الرملى والحجر الجيرى المثقب والدولوميت من صخور المكمن Reservoirs الجيدة ، أما « التراكيب » أو « المصايد » التى توجد فى أجزاء من صخر المكمن فهى توقف هجرة

---

(٦٦) كما يوجد فى دول كثيرة أخرى ، وفى العالم العربى يوجد الفحم فى مصر وليبيا والجزائر والمغرب والصومال واليمن ـ (المعرب) .

النفط وتدفعه للتراكم ، ومن أفضل المصايد نجد الثنيات المحدبة والصدوع وقباب الملح والأنواع المختلفة من المصايد الطبقية (شكلا ١١٤ ، ١١٥) ، وهكذا فانه لكى يكون عندنا حوض بترولى (أى طبقة أو صخور مسامية مشبعة بالزيت) فانه يجب أن نجد : (١) طبقة المصدر ، (٢) صخر المكمن ، (٣) مصيدة بترولية ٠

وتكون المهمة الأساسية للجيولوجى الذى يعمل فى مجال النفط هى أن يحدد مكان المصايد المناسبة لايقاف هجرة الزيت أو الغاز ، ويمكن اجراء هذا البحث بطرق عديدة ، اذ يمكن للجيولوجى أن يدرس ويرسم مواقع الصخور المكشوفة عند سطح الأرض ، أو أن يفحص شظايا الصخور التى يتم رفعها للسطح عند حفر آبار استكشافية « أو عشوائية » ، وبالاضافة الى ذلك فان كثيرا من شركات النفط تستخدم طرقا جيوفيزيقية للبحث عن النفط ، وهذا النوع من الاستكشاف يتطلب استخدام نمط خاص من السيزموجراف يشابه المستخدم لتسجيل الزلازل ، وهذه الطريقة المعروفة باسم « الاستكشاف الجيوفيزيقى » تعتمد على احداث « زلازل صناعية » صغيرة باستخدام المفرقعات ، ويسجل السيزموجراف مسار موجات الاهتزاز عند انتقالها فى الصخور ، وتعطى التسجيلات الزلزالية المرسومة بهذه الطريقة بعض الدلائل على نوع الصخور الموجودة وعمقها النسبى واحتمال وجود مصائد مناسبة فيها ٠

ويوجد البترول فى أنحاء كثيرة من العالم ، وفى صخور تنتمى الى عصور تبدأ من عصر الكمبرى حتى عصر الثلاثى المتأخر ، وفى بعض المناطق يتم استخراج البترول من عمق أمتار قليلة من السطح ، وفى أماكن أخرى يتم استخراجه من أعماق تصل الى عدة كيلومترات ، وتبرز تكساس على قائمة الولايات المنتجة له ، كما يتم انتاج كميات كبيرة منه فى ولايات لويزيانا والاسكا وكاليفورنيا ، وأوكلاهوما وكانساس وايلينويز وويومنج، أما الدول الأخرى المنتجة للبترول فهى « الاتحاد السوفيتى » والشرق الأوسط (المملكة العربية السعودية وايران والعراق) (٦٧) وجزر الهند الشرقية (بورنيو وسومطره) وبعض دول أمريكا الجنوبية (مثل فينزويلا وكولومبيا) وكندا والمكسيك ٠

وبالاضافة الى انتاج النفط (الزيت والغاز) من الآبار التقليدية فهناك مصادر أخرى ، ومنها « الطفلة الصفحية الزيتية » وهى صخر

---

(٦٧) المملكة العربية السعودية هى أولى دول العالم انتاجا ورصيدا ، والدول الاخرى المنتجة فى الشرق الأوسط هى الكويت وايران والعراق وليبيا ومصر والجزائر ـ الخ ويصل انتاج هذه الدول الى ٣٥٪ من الانتاج العالمى بينما يصل الاحتياطى الى ٦٠٪ من الاحتياطى العالمى ـ (المعرب) ٠

رسوبى دقيق الحبيبات مكون من صفيحات ويحتوى على مواد عضوية تسمى « الكيروجين » ، وتتكون الطفلة الصفحية الزيتية من رسوبيات تراكمت على شكل طبقات من الوزغ والطين فى قاع بحيرات أو بحـــار ضحلة قديمة حيث انتشرت الكائنات النباتية والحيوانية ٠

فاذا سخنا الطفلة الزيتية الى حوالى ٥٠٠ م فان معظم الكيروجين سوف ينصهر وتنطلق منه غازات ، فاذا تم تسخين السائل الناتج لدرجات أعلى فان بعضه يتكثف على شكل زيت نفطى بينما يتبقى جزء على هيئة غازات هيدروكربونية ، كما يمكن اســـتخدام الطفلة الزيتية كوقود صـــلب ٠

وبالرغم من وجود الطفلة الزيتية فى أماكن كثيرة من العالم (٦٨) فان أغناها فى الولايات المتحدة هى التى تقع فى يوتاه وكولورادو وويومنج ومنطقة جبال روكى ، وقد أقيمت مصانع تجريبية لاستخراج الزيت فى هذه المناطق فى محاولة لانتاج كميات اقتصادية من الزيت ، ولسوء الحظ فان هناك كثيرا من المشاكل البيئية والاقتصادية والتقنية التى يجب حلها حتى يمكن استخدام الطفلة كاحد المصادر الرئيسية للطاقة ٠

وهناك أيضا رمال القطران التى يمكن أن تكون مصدرا للزيت ، وتلتحم حبيبات الرمال فى هذه التكوينات بمادة زيتية لزجة غليظة القوام تسمى القطران أو الأسفلت ، وعند تسخين هذه الرمال فانه يمكن استخراج القطران الذى يمكن معالجته للحصول على بعض المواد الهيدروكربونيـة المفيدة ، وكما هو الحال فى الطفلة الزيتية فان هناك كثيرا من المشاكل الاقتصادية والهندسية والبيئية التى يجب مواجهتها ، وقد أمكن معالجة رمال القطران المنتشرة بمنطقة أتاباسكا فى ألبرتا بكندا ، وتوجد رواسب من رمال القطران فى دول أخرى مثل فينزويلا « والاتحاد السوفيتى » ٠

الوقود النـــووى :

يعتبر الفحم والنفط (الزيت والغاز الطبيعى) من المصادر الطبيعية ذات الأولوية فى انتاج الطاقة ، ولكن المتوقع أن تصبح الطاقة النووية المصدر الأكبر للطاقة مستقبلا ، وتعتبر معادن اليورانيـوم هى المادة الخام للطاقة النووية ، وتحتوى هذه المعـــادن على النظير المشع المعروف باســم يورانيوم $U^{٢٣٥}$) والمعدن الرئيسى لليورانيوم هو « اليورانينيت » الذى يتكون فى بعض الصخور النارية ويوجد هذا المعدن (الذى يسمى أيضـا

---

(٦٨) توجد الطفلة الزيتية فى كثير من البلاد العربية فى مناطق استخراج البترول او كطبقات مصاحبة لرواسب الفوسفات ـ (المعرب) ٠

البيتشبلند Pitchblende » أو « شـــبيه القـار » فى كولورادو وويومنج ونيومكسيكو ويوتاه وتكساس وأيضا فى زائير وكندا «وتشيكوسلوفاكيا». أما « الكارنوتيت » وهو أكسيد مركب يحتوى على اليورانيوم فقد يكون مصاحبا للحجر الرملى المجوى كما فى كولورادو ونيومكسيكو وأريزونا ويوتاه ٠

وتنطلق الطاقة النووية بعملية الانشـــطار التى تحدث عند اطلاق النيوترونات على ذرات $U^{٢٣٥}$ فتنشطر لتعطى نظائر أخـرى مع انطلاق كمية هائلة من الطاقة ، ويعطى جرام واحد من $U^{٢٣٥}$ طاقة تكافىء ٢ طن مترى من زيت النفط ، ولكن بالرغم من وجود هذا « الكنز » من الطاقة فان هناك أسئلة مهمة تحتاج الى اجابة بالنسبة للطاقة النووية ، فبالاضافة الى المشاكل التقنية والسياسية والصحية يوجد سؤال مهم عن كمية المواد المشـــعة المتاح استخراجها من باطن الأرض (والتى تفقد بالكامل بعد استخدامها) مما يؤدى الى نضوب سريع لهذه الخامات ٠

الطاقة الحرارية الأرضـــية :

فى بعض الأماكن تنبعث طاقة حرارية من المخزون الحرارى فى باطن الأرض ، وقد أمكن استخدام هذه الطاقة الحرارية (التى توجد فى البخار والماء الساخن والصخر الساخن) فى دول مثل نيوزيلندا وايطاليا ، كما تنتج منطقة الفوارات فى شمال كاليفورنيا كميات اقتصادية من الطاقة الحرارية ، لكن جهد الطاقة الحرارية محدود ، وهناك مشاكل من تآكل الفلزات وتصريف المياه ٠

المعـــادن الفلزية :

بسبب الفوائد الجمة للفلزات فانها تعتبر من أهم منتجات المصادر المعدنية ولأن هذه الفلزات تستخرج من المعادن فان لها أهمية كبيرة بالنسبة للجيولوجى (بالاضافة أيضا الى أهمية المواد اللافلزية) ٠

وتحتوى المعادن الفلزية أو معـادن الخامات على فلزات مهمة مثـل الألومنيوم والنحاس والذهب والرصـــاص والزئبق والفضة والقصدير والخارصين والحديد ، وهنـــاك أيضا المعادن المشعة مثـل اليورانينيت (أو شبيه القار) والكارنوتيت ، وقد سبق لنا مناقشة تواجد واستخدامات أهم المعادن الفلزية وصفاتها الفيزيائية والكيميائية فى الفصل الثالث ٠

وقد تتكون المعادن الفلزية فى الصخور النارية أو الرسوبية أو المتحولة ، وتتواجد خامات كثير من الفلزات على هيئة « عروق » وتتكون بعض العروق عندما يلتقط الماء الجوفى المركبات أثناء تنقله ثم يرسبها فى

شقوق الصخور ، أما العروق التى تصاحب النشاط النارى فتتكون نتيجة لحقن الصهارة فى الصخور المجاورة ، ومثل هذه الخامات تصاحب أيضا مناطق التحول بالتماس (انظر الفصل الرابع) على حدود المتدخلات النـــارية ٠

وفى بعض المناطق نجـــد ركازا متبقيا مـن التجوية الكيميائية ، مثل خام الألومنيوم المهم أى « البوكسيت » الذى يتكون نتيجـة تجرية بعض الطين أو الجرانيت أو السيانيت الغنى بالألومنيوم ، وقد تكونت الرواسب الكبرى لخامات الحديد بطريقة مشابهة ٠

كما توجد المعادن الفلزية فى تركيزات ميكانيكية تسمى « رواسب البرقة » (أو « الرواسب المتبقية Placers ») ، وقد وجـــدت تراكمات من الخامات من هذا النوع فى الرمال والجرول فى أديم بعض الأنهار التى نحتت الصخور الحاوية لهذه المعادن ، فقد كانت رواسب الذهب المكتشفة فى كاليفورنيا عام ١٨٤٩ من رواسب البرقة فى صخر الأديم تحت مياه نهر ساكرامنتو ٠

وتنتج بعض الخامات المعدنية من ترسيب المعادن فى بحيرات وبحار قديمة ، وتشمل بعض خامات الحديد الضخمة فى الولايات المتحدة وفرنسا وخامات المنجنيز الهائلة فى روسيا ٠

ونكرر هنا أن الجيولوجى هو الشخص المكلف بالبحث عن امدادات جديدة وكبيرة من خامات الفلزات التى تسمح باستمرار التقدم الصناعى والسلمى ، وفى عصرنا الحاضر يستخدم جيولوجى المناجم المدرب جيدا مجموعة من التقنيات الجيوفيزيائية والجيولوجية والأجهزة التى أمكن تطويرها لتحتل مكان الطرق البدائية (النخل والهز والالتقاط) التى اتبعها المستكشفون القدامى عام ١٨٤٩ ٠

المعادن اللافلزية أو الصخور والمعادن الصناعية :

بالاضافة للوقود الحفرى والمعادن الفلزية توجد أيضا مجموعة من الصخور والمعادن التى تستخدم لأغراض أخرى غير استخراج الفلزات ، وتشـــمل مواد مفيدة مثـل الاسبستوس والكوارتز والرمل والطين ، والأسمنت والملاط والأسمدة المعدنية والملح والكبريت ، وقد سبق أن ناقشناها فى الفصل الثالث ٠

وهناك أيضا مواد لا فلزية ذات أهمية اقتصادية كبيرة مثل أحجار البناء التى تشمل الحجر الجيرى والحجر الرملى والجرانيت والرخـــام ، وقد سبق مناقشتها أيضا ٠

ويبين جـدول (٧) المصـــادر الرئيســـية المهمة لبعض الخامات المعدنية ٠

جدول ٧ : الخامات الأساسية للمعادن الفلزية واللافلزية ومصادرها الرئيسيـــة ٠

الخام المعدنى	المصـدر الرئيسى
الفلزات :	
النحاس	تركيزات نارية نادرة للنحاس الحر ومعادن كبريتيدية محتوية على النحاس ٠
الرصاص	تركيزات نارية نادرة لمعادن كبريتيدية محتوية على الرصاص ٠
الخارصين	تركيزات نارية نادرة لمعادن كبريتيدية محتوية على الخارصين ٠
الحديد	تركيزات رسوبية من الهيماتيت والجويثيت ، كما قد توجد تركيزات من الماجنيتيت أو الهيماتيت فى صخور نارية أو متحولة ٠
المنجنيز	تركيزات رســـوبية لأكاسـيد المنجنيز ، وهى قليلة الانتشـــار ٠
الالومنيوم	رواسب أكسيد الألومنيوم الرسوبى (البوكسيت) ٠
المغنسيوم	يمكن استخلاصه مباشرة من مياه البحر أو من صخور الدلوميت الرسوبية ٠
اللافلزات :	
الهاليت (ملح الطعام)	خامات المتبخرات فى الصخور الرسوبية ٠
الكبريت	يتكون الـــكبريت الحر من تغير معادن الكبريتات فى خامات المتبخرات فى الصخور الرسوبية ٠
البوتاسيوم	خامات المتبخرات فى الصخور الرسوبية ٠
الفوسفور	الصخور الرسوبية الغنية بالفوسفور والمصاحبة للحجر الجيرى أو الدلوميت ٠
الرمل والجرول	خامات رسوبية لرمل الكوارتز أو الحصى ٠
الطين الصـالح لصناعة الطوب	رسوبيات الطين والطين الصفحى ٠
الحجر الجيرى	رسوبيات الحجر الجيرى ٠
الجبس	خامات المتبخرات الرسوبية ٠
أحجار البناء	رســوبيات الحجر الجيرى والحجر الرملى وصـــخور الجرانيت النارى وصخور الشيست والرخام المتحولة ٠

الجزء الثانى

الجيولوجيا التاريخية

الفصل الثامن عشر

أصل الأرض وعمرها الجيولوجى

يختص الجزء الأول من هذا الكتاب بالناحية الفيزيائية لكوكب الأرض والعوامل الجيولوجية التى تؤثر عليه ، وفى الفصل الحالى وما يليه من فصول سوف نناقش أصل الأرض وعمرها الجيولوجى ، كما سنحاول أن نتعرف على بعض الأحداث المهمة فى التاريخ الجيولوجى .

أصل الأرض :

كما سبق أن عرفنا فى الفصل الأول فان الأرض هى أحد الكواكب التسعة التى تكون المجموعة الشمسية ، ومن حقنا أن نعتبر أن الأرض هى أهم الكواكب لأنها المكان الذى يأوينا ، وهى أيضا (حسب معلوماتنا الحالية) الكوكب الوحيد الذى يسمح بوجود كائنات حية فوق سطحه .

من أين جاءت الأرض ؟ كيف ومتى نشأت ؟ لقد فكر الانسان فى هذه الأسئلة منذ بدء التاريخ الانسانى المعروف ، وهذه المشكلة (التى لم تجد حلا للآن) كانت السبب فى نشأة عدة افتراضات لم يعط أى منها حلا نهائيا مرضيا .

نظرية السديم :

هذه الفكرة تفترض أن المجموعة الشمسية نشأت من « سديم Nebula » أى سحابة هائلة من الغازات كانت تتخذ شكلا قرصيا ، وهى فكرة وضعها الفيلسوف الألمانى عمانوئيل كانط عام ١٧٥٥ ، وفى ١٧٩٦ استكمل عالم الرياضيات الفرنسى بيير لابلاس هذه النظرية ووضعها فى اطار علمى ، ومن الطريف أن نعرف أن هذين العالمين قد توصلا لاستنتاجين متشابهين رغم أن لابلاس كان يجهل أن كانط قد نادى بنفس الفكرة .

وتفترض هذه النظرية باختصار أنه فى وقت ما منذ زمن بعيد كان هناك سديم هائل يزيد قطره عن قطر مدار بلوتو (أبعد الكواكب فى المجموعة الشمسية) ، وأن هذا السديم كان يدور ببطء فى الفراغ ، وعندما بردت هذه الكتلة الغازية حدث لها انكماش وتزايدت سرعة دورانها ، وفى النهاية كان الجزء الخارجى من السديم يدور بسرعة هائلة لدرجة أن القوة الطاردة المركزية تغلبت على قوة الجاذبية الثقلية ، فانفصلت حلقة غازية من النطاق الاستوائى لجسم السديم الأم ثم استمر السديم فى الانكماش فزادت سرعة دورانه وتكرر انفصال عشر حلقات ، وتكاثفت تسعة من هذه الحلقات لتكون الكواكب التسعة ، لكن الحلقة السادسة لم تتكثف على شكل جسم واحد ولكنها انشطرت الى كتل صغيرة كثيرة العدد ، وهى المعروفة الآن باسم الكويكبات ، أما الكتلة المركزية من السديم فقد تكاثفت لتكون الشمس (شكل ١١٦) ٠

وقد اكتسبت نظرية لابلاس شعبية كبيرة فى وقتها ، بل واكتسبت تأييدا علميا حتى القرن التاسع عشر ، لكن الأبحاث العلمية فى أوائل القرن العشرين قد أثبتت بطلان هذه النظرية ، لأن هناك اعتراضات عديدة عليها ، أهمها أن الميكانيكية التى افترضتها النظرية لا يمكن تطبيقها ، لأن الشمس تدور ببطء شديد بالمقارنة بسرعة دوران الكواكب التى حولها ٠

نظرية الكويكبات :

وضعها العالم الجيولوجى توماس تشمبرلين والعالم الفلكى فوريست مولتون (وكلاهما من جامعة شيكاغو) عام ١٩٠٠ ، وقد افترضت هذه النظرية أن الشمس كانت نجما بلا كواكب ، وفى وقت ما فى الزمن البعيد مر نجم آخر وأصبح قريبا جدا من الشمس ، ومؤثرا بقوة جذب ثقلية هائلة كانت كافية لاقتلاع جزءين كبيرين من الجانبين المتقابلين للشمس ، وعندما انفصل هذان الجزءان عن الشمس صارا باردين وتكثفا على شكل جسيمات صلبة سميت « الكويكبات Planetesimals » ، وقد أصبحت كل كويكبة كبيرة نواة جذبت اليها كويكبات صغيرة ، وباستمرار التراكم زاد نمو الكواكب ببطء حتى وصلت الى حجمها الحالى ، واتخذ كل منها مداره الخاص حول الشمس ، كما اعتقد العالمان أن الكواكب الخمسة الكبرى نتجت من المادة المقتلعة من الشمس من الجانب الأقرب للنجم السائر ، أما الكواكب الأصغر والكويكبات فقد تكونت من كتل أصغر من مادة الشمس المنفصلة من جانبها المقابل للجانب الأول ، وتكونت الأقمار من تجمعات صغيرة من الكويكبات كانت قريبة من الأنوية التى نشأت منها الكواكب (شكل ١١٧) ٠

وبالرغم من أن هذه النظرية قد لقيت قبولا واسعا لعشرات من السنين ، فقد قامت فى مواجهتها عدة اعتراضات جيولوجية وفلكية ، وعلى سبيل المثال فان كثيرا من المعلومات التى لدينا تدل على أن الأرض كانت فى الأصل فى حالة منصهرة بينما يقوم افتراض تشمبرلين ومولتون على أنها نشأت على شكل كوكب صلب ، وبالاضافة الى ذلك فان هناك بعض الشك فى أن الكويكبات قد تجمعت معا عن طريق التراكم اذ أن اصطدام هذه الجسيمات فى الفراغ كان كفيلا بتدميرها .

نظرية المد أو النظرية الغازية :

هذه النظرية (مثل نظرية الكويكبات) تشمل الافتراض بوجود شمس قديمة واجهت نجما سائرا ، وتعرف هذه النظرية أيضا باسم « نظرية الانشقاق المدى » أو « الفتيل المدى Tidal Filament » ، وقد وضعها عام ١٩١٨ اثنان من العلماء الانجليز هما الفلكى السيد جيمس جينز والجيوفيزيقى السيد هارولد جيفرز ، وقد وضعا هذا الافتراض للرد على الاعتراضات التى أقيمت فى وجه نظرية الكويكبات ، فقد قبلا الافتراض بأن الشمس قد اقتربت من نجم آخر حتى كادا أن يصطدما ، لكنهما يعتقدان أن المادة المنجذبة من الشمس قد اتخذت شكل مغزل طويل أو فتيل يشبه السيجار مكون من غازات شمسية ، وقد تحطم هذا الفتيل الغازى فيما بعد الى وحدات تكثفت الى حالة منصهرة ثم تصلبت فيما بعد مكونة الكواكب ، لكن علماء الفلك الآخرين وضجوا أن فتيلا غازيا من هذا النوع لم يكن بامكانه تكوين أجسام صلبة مثل كواكبنا الشمسية ، اذ أنه من المتوقع اختفاء هذا الفتيل فى الفراغ ، ولهذا السبب (ولأسباب أخرى كثيرة) فان معظم العلماء لا يتفقون مع هذه النظرية .

نظرية الكواكب الأولية :

فى العصر الحديث إعاد العلماء النظر فى احتمال الأصل السديمى للأرض ، ووضعوا نظرية جديدة فى ضوء اكتشافاتهم الحديثة ، وقد حلت هذه الفكرة مكان نظرية السديم التى سبق أن وضعها كانط ولابلاس ، وأيضا مكان نظرية الكويكبات ، وهذه النظرية المنقحة (والتى تعرف باسم « نظرية الكواكب الأولية ») كانت من وضع العالم فون فايتسيكر عام ١٩٤٤ ، ثم أدخل عليها جيرالد كيبر بعض التعديلات ، فقد وجدوا أن السدم التى تدور بسرعة سوف تنشىء دوامات كبيرة فى أمكنة مختلفة على سطح قرص المادة السديمية .

ويبدو أن كل دوامة قد جمعت المواد المحيطة بها بفعل الجاذبية الثقلية مكونة كوكبا أوليا Protoplanet (شكل ١١٨) ، ويعتقد أن تسعة كواكب أولية (تمثل الكواكب الحالية) قد تكونت ، ولقد كانت

الكواكب الأولية أضخم كثيرا من الكواكب الحالية ، كما نشأت دوامات صغيرة داخل بعض الدوامات الكبيرة وتطورت الى أقراص تدور حول نفسها ثم أصبحت أقمارا تابعة للكواكب ، ويؤيد كثير من علماء الفلك هذه النظرية لأن المشاهدة بالمناظير المقربة (التليسكوبات) قد أثبتت وجود دوامات حقيقية عديدة بين النجوم ، كما أن من المهم أن نبين الحقيقة التى تقول ان بعض الدوامات الضخمة من الغازات والغبار تكثفت الآن لتكون نجوما جديدة (٦٩) ، وقد أصبحت نظرية الكواكب الأولية مقبولة عند معظم العلماء لأنها تشرح حقائق كثيرة عن النظام الشمسى ، ومع ذلك فان هذه النظرية لم تكتمل بعد ، ومازال أصل النظام الشمسى وكوكب الأرض فى حاجة الى المزيد من التأمل ٠

عمر الأرض :

مادمنا نفكر فى كيفية تكوين الأرض فعلينا أيضا أن نواصل التفكير عن « منذ متى تكونت الأرض ؟ » ، وقد تفاوتت التقديرات عن عمر الأرض وهل هو ٦٠٠٠ سنة (كما اعتقد علماء الأديان القدامى) أم ١٠ مليارات عام (كما يعتقد بعض علماء الفلك والفيزيقا) ؟! على أن الدلائل العلمية تظهر أن عمر الأرض قريب جدا من ٤٥٠٠ مليون سنة ٠

كيف عرفنا ذلك ؟ قبل أن نحاول الاجابة على هذا السؤال يجب أن نتعرف على « سلم الزمن الجيولوجى » ، وسوف يساعدنا هذا على تصور عمر الأرض بدرجة أكبر اكتمالا ٠

العمود الجيولوجى أو سلم الزمن الجيولوجى :

يشير « العمود الجيولوجى » الى التتابع الكامل للصخور (من أقدمها الى أحدثها) التى توجـــد فى كل الكرة الأرضـــية أو فى بعض المناطق المحدودة ، وهكذا فان العمود الجيولوجى فى أية منطقة يشمل كل أقسام الصخور المعروف وجودها فى هذه المنطقة ، وبالمقارنة بالعمود الجيولوجى السابق تعيينه بمنطقة سبقت دراستها يستطيع الجيولوجى أن يعرف ما هى أنواع الصخور المتوقع أن يجدها فى منطقة مجاورة لم تدرس بعد ٠

ويتـكون « ســـلم الزمـن الجيولوجى Geologic Time Scale » (شكل ١١٩) من فترات فى الزمن الجيولوجى وكل فترة لها اسم خاص ، وقد ترسبت خلالها الصخور الممثلة فى العمود الجيولوجى ، وهذه الفترات

---

(٦٩) تبين العالم لويس اريتز عام ١٩٦٥ انه بحساب فترة نصف العمر يمكن تحديد كمية العناصر المشعة فى الكواكب الأولية وانها كانت كبيرة جدا وان الطاقة الصادرة منها كانت كافية لصهر هذه الكواكب ، بل وتحويلها ايضا للحالة الغازية ـ (المعرب) ٠

الزمنية تحمل نفس الأسماء التى سبق استخدامها لتمييز الوحدات الصخرية فى العمود ، وعلى سبيل المثال يمكننا التكلم عن زمن الأوردوفيشى (المشار اليه فى السلم الجيولوجى) أو صخور الأوردوفيشى (المشار اليها فى العمود الجيولوجى) .

ايعتمد كل من العمود الجيوولجى والزمن الجيولوجى على « مبدأ تعاقب الطبقات Superposition » ، وهذا المبدأ الهام يقرر أنه « ما لم تحدث أية حركة انقلابية لأى تتابع فى الصخور الرسوبية فان أى صخر فيها سيكون أقدم من كل الطبقات التى تعلوه وأحدث من كل الطبقات التى تحته » ، وتعطى العلامات الحقلية بين الصخور بالاضافة الى أنواع الحفريات (ان كانت موجودة) بعض الدلائل عن العمر النسبى للصخور ، ولا يعنى العمر النسبى للصخر عمره الحقيقى معبرا عنه بالسنوات ، ولكنه يثبت عمره بالمقارنة ببعض الأحداث المسجلة فى الصخور .

وقد أمكن حديثا أن نحدد عمر بعض الوحدات الصخرية بالسنوات ، ويمكن اجراء هذا بمجموعة من عمليات تأريخ الصخور التى تعتمد على وجود معادن مشعة فى هذه الصخور (وسوف نشرح هذه النقطة فيما بعد)، وبهذه الطريقة أصبح فى الامكان ابتكار سلم زمنى مطلق يعطينا فكرة عن القدر الهائل من الزمن الذى مر منذ أن نشأت أقدم الصخور المعروفة ، كما أمكن استخدامه أيضا للتحقق من الأعمار النسبية التى سبق تقديرها لكل الوحدات الصخرية .

وحدات السلم الزمنى :

أكبر وحدة فى الزمن الجيولوجى هى « الحقب Era » وينقسم كل حقب الى وحدات زمنية أصغر تعرف باسم « العصور Periods » وينقسم كل عصر فى الزمن الجيولوجى الى « فترات Epochs » كما يمكن تقسيم كل فترة الى وحدات أصغر ، ويمكن تشبيه الزمن الجيولوجى بالتقويم السنوى الذى تنقسم فيه السنة الى شهور ، والشهر الى أسابيع والأسبوع الى أيام ، ولكن يجب أن نوضح أنه بخلاف التقويم السنوى فان وحدات الزمن الجيولوجى اختيارية وليست متساوية فى المدة ، والجيولوجى الذى يتعامل مع الزمن النسبى لا يمكن أن يتأكد من المدة الزمنية التى تستغرقها كل وحدة بالضبط ، ومع ذلك فان السلم الزمنى يمدنا بمقياس للزمن النسبى للصخور التى فيها ، وعلى سبيل المثال يمكننا أن نقرر أن حدثا معينا قد جرى خلال حقب الحياة القديمة ، وهذا يشبه تماما ما نقوله عن حدث جرى أثناء الثورة الفرنسية .

وتوجد خمسة أحقاب فى الزمن الجيولوجى ، ولكل منها اسم يعطينا فكرة عن درجة تطور الحياة المميزة لهذا الحقب ، وبالتالى فان «الباليوزوى» « يعنى الحياة القديمة » وقد سمى بهذا الاسم بسبب نمط الحياة البسيطة نسبيا والمرحلة القديمة للتطور فيه · ونوضح هنا اسم كل حقب والترجمة التى تفيد معناه :

السينوزوى : الحياة الحديثة
الميزوزوى : الحياة الوسطى
الباليوزوى : الحياة القديمة
البروتيروزوى : طلائع الحياة
الأركيوزوى : بدء الحياة

ونرى هنا أن أقدم الأحقاب يقع فى أسفل القائمة ، لأن هذا الجزء من الزمن الجيولوجى قد انقضى مبكرا ، وقد تبعته الأحقاب الأصغر منه والتى يجىء مكانها فوقه فى القائمة ، ولهذا فاننا دائما نقرأ السلم الجيولوجى من أسفل الجدول الى اعلاه ·

ويشار الى صخور الأركيوزوى والبروتيروزوى معا باسم « ما قبل الكمبرى Precambrian » ، ويحتوى سجل هذا الجزء من تاريخ الأرض على حفريات قليلة جدا من الصعب تحديدها ، وقد قدر العلماء أن زمن ما قبل الكمبرى يمثل حوالى ٨٥٪ من كل الزمن الجيولوجى ·

وكما ذكرنا سابقا فان كل حقب مقسم الى عصور ، ومعظم هذه العصور قد اشتق اسمها من المناطق التى تمت فيها دراسة صخور هذا العصر لأول مرة ، وعلى سبيل المثال فان صخور البنسلفانى قد درست لأول مرة فى ولاية بنسلفانيا ·

وقد قسم حقب الحياة القديمة (أى الباليوزوى) الى سبعة عصور (٧٠) فى الزمن الجيولوجى ، وأقدمها فى آخر القائمة ، وهذه العصور ومصادر تسميتها كالآتى :

البرمى :

من منطقة البرم فى روسيا ·

---

(٧٠) فى التسمية الأوروبية ينقسم الباليوزوى الى ستة عصور فقط ، حيث يحل الكربونى مكان البنسلفانى والسيسيبى ـ (المعرب) ·

البنسيلفانى :

من ولاية بنسيلفانيا بالولايات المتحدة ٠

المسيسيبى :

من وادى المسيسيبى العلوى بالولايات المتحدة ٠

الديفونى :

من ديفونشير بانجلترا ٠

السيلورى :

من « السيلور » وهو اسم قبيلة قديمة فى ويلز ببريطانيا ٠

الأوردوفيشى :

من « الأوردوفيش » وهو اسم قبيلة قديمة فى ويلز ٠

الكامبرى :

من « كامبيرا » وهو الاسم اللاتينى لمنطقة ويلز ٠

أما عصور الحقب الأوسط (الميزوزوى) ومصادر تسميتها فهى كالآتى :

الطباشيرى :

أو الكريتاسى وهو مأخوذ من الكلمة اللاتينية « كريتا » وتعنى الطباشير ٠

الجوراسى :

من جبال « جورا » فى فرنسا وسويسرا ٠

الترياسى :

من الكلمة اللاتينية « ترياس » وتعنى ثلاثة لأنه ذو ثلاثة أقسام أو فترات ٠

وقد اشتق اسم حقب الحياة الحديثة (السينوزوى) من نظام تقسيمى قديم لم يعد مستخدما والذى كان يقسم كل صخور الأرض الى أربع مجموعات ، والقسمان اللذان سوف نذكرهما هما الاسمان الوحيدان فى هذا النظام الباقى استخدامهما وهما :

الوحدات الصخرية :

بالرغم من أن الوحدات التى سبق ذكرها هى الأقسام الرئيسية للزمن الجيولوجى والعمود الجيولوجى فان الجيولوجى يستخدم فى العادة وحدات أصغر فى العمود تسمى « التكوينات الجيولوجية Geologic Formations » ، والتكوين الجيولوجى هو وحدة صخرية يتم التعرف عليها ببعض الصفات الفيزيائية والكيميائية الخاصة ، ويعطى للتكوين اسم مزدوج يدل على مكان وجود التكوين ونوعية الصخر الذى يكون معظم هذا التكوين ، وعلى سبيل المثال فان «طين بيدمونت » هو تكوين يتركب من رسوبيات طينية موجودة فى بيدمونت وما حولها بولاية تكساس (٧١) ، وقد يحتاج الأمر الى وضع تكوينين (أو أكثر) متتابعين ومتصلين فيما يسمى «مجموعة Group » ، فمثلا تتكون مجموعة الينبورجر من تكوينات « تانيارد » و « جورمان » و « هونيكوت » ، كما يمكن تقسيم التكوين نفسه الى وحدات صغيرة تسمى « أعضاء Members » وكل عضو باسم منطقة أو باسم نوع من الصخور ، أو الى « ألسنة Tongues » (جمع كلمة لسان وهى أنواع مختلفة من الصخور تتداخل فى بعضها مثل تشابك الأصابع) ، أو الى طبقات (مثل الطبقات الصخرية المفردة) .

قياس الزمن الجيولوجى :

يستخدم الجيولوجيون عدة طرق لتقدير عمر الأرض ، ويعطى بعضها تقديرا تقريبيا لعمر الصخور ، وهناك طرق أخرى أكثر دقة (مثل بعض الطرق الاشعاعية) ، وفيما يلى شرح لهذه الطرق :

ملوحة البحار :

من المعتقد أن المحيطات كانت تحتوى فى الأصل على مياه عذبة ، ثم أصبحت مالحة عندما أذيب الملح من التربة وتم نقله الى البحار بواسطة الأنهار ، وقد قدر بعض العلماء عمر المحيطات بهذه الطريقة على أساس أنها

---

(٧١) وفى البلاد العربية يشتهر « تكوين حجر النوبة الرملى » الذى يتكون من طبقات من الحجر الرملى تعلو صخور القاعدة مباشرة ولها ميل ضئيل ، وقد عرف هذا التكوين لأول مرة فى النوبة فى مصر والسودان ويمتد حتى يشمل مناطق فى السعودية وليبيا - (المعرب)

استغرقت ١١٠ مليون عام حتى تصل الى درجة الملوحة الحالية ، لكننا لا يمكن أن نعتمد على هذه الطريقة بسبب ضياع الأملاح خلال دورات الترسيب المختلفة ومشاكل أخرى تتعلق بهذه الطريقة ٠

معـــدل الترســـيب :

افترض بعض الجيولوجيين أنه اذا ما عرف الزمن الذى استغرقه تكوين كل طبقات الصخور فى قشرة الأرض أثناء الترسيب فاننا قد نحصل على تقدير تقريبى لعمر الأرض ، ولاجراء ذلك يقاس سمك هذه الطبقات ويقسم على المعدل السنوى لترسيب هذه الطبقات ، وقد أعطت التقديرات (التى حسبت وفق هذه الطريقة) عمرا يتراوح من ١٠٠ الى ٦٠٠ مليون عام ، وهذه الطريقة لا تعتبر صحيحة علميا بسبب الاختلاف الكبير لمعدلات الترسيب ، ولأن فعل التحات لم يعمل له أى حساب ٠

الطريقة الاشـــعاعية :

أثبتت هذه الطريقة أنها أحدث وأوضح الطرق التى وصل اليها العلماء لتقدير عمر الأرض ، وهى مبنية على أن ذرات بعض العناصر المشعة (مثل الثوريوم واليورانيوم) تتعرض لعملية تفتت (انشطار) تلقائية بطيئة ، وهذا التفتت ذو معدل ثابت لا يتأثر بأية تغيرات فى درجة الحرارة أو الضغط أو أى ظروف أخرى ، وعندما تتفتت ذرات العنصر (فى المعدن) ينطلق الهيليوم وينشأ تتابع من العناصر الجديدة حتى ينتهى الى عنصر الرصاص ، وبحساب النسبة بين كمية الرصاص (الذى تولد من التفتت) والكمية الباقية من اليورانيوم فى أية عينة فانه يمكن حساب عمر المعدن المشع ، وبالطبع فان هذه الطريقة تستخدم فقط فى حالة الصخور المحتوية على معادن مشعة ، ويتم استخدام طرق أخرى مماثلة على أساس حساب معدل تحول الروبيديوم الى سترونشيوم ، وكذا البوتاسيوم الى أرجون ، وقد تبين أن عمر أقدم الصخور (محسوبا بالطرق الاشعاعية) يدل على أن عمر الأرض يبلغ حوالى أربعة ونصف مليار سنة ٠

أما طريقة الكوبون ـ ١٤ لحساب العمر فقد نجحت فى تعيين عمر الأشياء فيما هو أقل من ٥٠٫٠٠٠ سنة ، وباختصار فان هذه الطريقة

تعتمد على الحقيقة التى تقول بأن كل الكائنـــات تحتوى على كمية من الكربون ـ ١٤ وهو نظير مشع (النظائر هى ذرات لها نفس الرقم الذرى ولكنها تختلف فى أوزانها الذرية) ، وعندما يموت الكائن يبدأ كربون ١٤ (المشع) فى التفتت ، ويحدث هذا التفتت بمعدل ثابت بحيث ان نصف الكمية الموجودة من الكربون ـ ١٤ تتفتت كل ٥٥٦٨ سنة ويمكن حساب العمر التقريبى للعينة بمقارنة كمية الكربون المشع المتبقية فيها بالكمية الموجودة فى معظم الكائنات الحية ،وقد كانت هذه الطريقة مفيدة جدا فى حساب عمر المواد الجيولوجية الحديثة والآثار التاريخية .

الفصل التاسع عشر

السجلات التى فى الصخور

كيف يتمكن علماء الجيولوجيا التاريخية من معرفة ما حدث لكوكبنا الأرضى خلال ملايين (أو مليارات) السنين الماضية ؟ انهم يعرفون ذلك عن طريق دراسة السجل الصخرى الذى يدل على أن كل من الكرة الأرضية والكائنات التى عاشت عليها قد عانت من تغيرات كثيرة خلال فترة حياة كوكبنا ، وهنا نأتى لسؤال آخر : مم يتكون هذا السجل ؟ وبأية وسيلة يستطيع الجيولوجى تفسيره ؟ هذا ما سوف نحاول شرحه فى هذا الفصل ٠

مفاتيح الماضى :

كما سبق أن أشرنا فى فصول سابقة فان الجيولوجيين يعتقدون أن عمر الأرض يبلغ ٤٫٥ مليار سنة على الأقل ، وهناك دليل على أن الحياة على كوكبنا ربما تكون قد بدأت منذ ٣٣٠٠ مليون سنة مضت ، وبالاضافة الى ذلك فهناك دلائل كثيرة على أن الملامح الفيزيائية للأرض لم تكن دائما مثلما هى الآن ، وعلى سبيل المثال فان الجبال الموجودة فى العصر الحاضر تحتل مكان بحار قديمة ، كما أننا نستخرج الفحم الآن من الأماكن التى كانت تغطيها المستنقعات فى الماضى البعيد ، وقد حدثت تغيرات كبيرة للنباتات والحيوانات ، وبوجه عام نلاحظ أن اتجاه التغير فى الكائنات الحية قد أصبح ينحو نحو زيادة تعقد وتطور أشكال الحياة ، ومع ذلك فان بعض أنواع الحياة قد بقيت فى الظاهر كما هى بدون تغيير بينما انقرضت أنواع أخرى ٠

وحتى يتمكن الجيولوجى من تفسير تاريخ الأرض فان عليه أن يدرس أنواع الصخور وأن يجمع الدلائل على حدوث التغيرات الكبرى فى الجغرافيا والمناخ وأنواع الحياة وذلك خلال الأزمنة الجيولوجية السابقة ، ولكى

يتمكن من القيام بذلك فقد استخدم بعض المبادىء أو الطرق التى تعمل وكأنها مفتاح للأحداث الأكثر أهمية والتى وقعت فى الماضى البعيد ٠

نظرية الوتيرة الواحدة Uniformitarianism :

يقرر هذا المبدأ الجيولوجى المهم أن العوامل الجيولوجية فى العصور الماضية كانت تعمل بنفس الطريقة وبنفس المعدل الذى تعمل به فى العصر الحاضر ، أو بتعبير أبسط فان هذا المبدأ ينص على أن « الحاضر هو مفتاح الماضى » (٧٢) ، وهذا يعنى أيضا أن الملامح الأرضية الحالية قد تكونت نتيجة للعمليـات التى نراها الآن والتى كانت تعمل منذ فترات زمنيـة بعيدة ٠

قانون تعاقب الطبقات Law of Superposition :

فى أى تتابع من الصخور الرسوبية لم يسبق له التاثر بالحركات الأرضية فان صخور الطبقة التى فى قاع التتابع تكون أقدم من صخور أى طبقة تعلوها (شكل ١٢٠) ، وهذه القاعدة الجيولوجية الأساسية (وهى قانون تعاقب الطبقات) مهمة جدا ولازمة لفهم التاريخ الجيولوجى ، ويجب أن نلاحظ أنه فى الأماكن التى حدث فيها اضطراب كبير (أى حركات أرضية عنيفة) فانه من اللازم أن نتعرف على كل من السطح العلوى والسفلى لكل طبقة حتى نستطيع ان نرتب التتابع زمنيا ٠

العمر النسبى للصخور النارية :

تكون الصخور الطفحية (مثل انسيابات اللابة) أحدث من الصخور التى تحتها ، أما الصخور المتدخلة (مثل الجدد القاطعة والموازية والباثوليث ٠٠٠ الخ) فهى أحدث من الصخور التى حقنت فيها ٠

التتابع العضوى :

يعتمد هذا المبدأ على أن حفريات الفونة Fauna (وهى مجموعـة الحيوانات التى عاشت فى زمن واحد وفى نفس المكان) تتتابع بترتيب محدد وحاسم ، وهذه الفونة تكون مميزة لكل جزء من تاريـخ الأرض ، وعند مقارنتها ببعضها يتمكن الجيولوجى من التعرف على الرسوبيات التى لها نفس العمر ، وهذا التتابع الحفرى يبين أن الصخور القديمة تحتوى على بقايا كائنات أكثر بدائية ، بينما بقايا الكائنات المتطورة تكون مقصورة على الطبقات الأحدث ٠

---

(٧٢) تعرف هذه النظرية باسم « قاعدة هاتون » (المعرب) ٠

المضاهاة Correlation :

هى عملية تحديد العمر النسبى لطبقات الصخور الظاهرة فى المناطق المختلفة (أو مقاطع الصخور فى الآبار المختلفة) وهى من أهم الوسائل لدى الجيولوجى ، وتنبع أهميتها من أنه لا توجد منطقة منفردة بها قطاع صخرى يحتوى على سجل لكل التاريخ الجيولوجى ، اذ مادام الترسيب مستمرا فى مكان ما أو فى أى مكان آخر فاننا نجد مكاشف طبقية متباعدة تؤلف سجلا مركبا ومتكاملا لكل الزمن الجيولوجى ، وبالرغم من وجود طرق عديدة للمضاهاة فان أكثرها شيوعا هى :

إستمرارية المكاشف :

اذا أمكن تتبع الطبقات الصخرية بدون أى انقطاع فان هذه هى أسهل طرق المضاهاة ، ولكن هذه الطريقة تكون فى العادة محدودة الاستعمال وفى المناطق الصغيرة نسبيا .

التشابه الصخرى :

تكون بعض الطبقات منتظمة نسبيا فى صفاتها الصخرية ، ويمكن تتبع هذا النظام فى الطبقة من منطقه الى أخرى ولكن يجب الاحتراس فى استخدام هذه الطريقة اذ أن كثيرا من الوحدات الصخرية تظهر تغيرا فى النسيج أو التركيب كلما تتبعناها من مكشف لآخر ، ومن ناحية أخرى فان بعض التكوينات تتخذ بعض الملامح المميزة مثل أشكال التجوية غير العادية أو مجموعات معدنية خاصة أو درنات صخرية غريبة .... وهكذا .

تشابه التتابعات :

غالبا ما تعتمد المضاهاة على مقارنة للأوضاع التى تظهر فيها بعض الطبقات فى القطاعات الرأسية فى أماكن متباعدة ، وعلى سبيل المثال اذا ما وجدنا طبقة من الحجر الرملى الأحمر بين رصيص (أى كونجلوميرات) كبير الحبيبات وطفلة صفحية سوداء فان هذا التتابع Sequence يتميز بسهولة التعرف عليه فى الحقل ، كما يمكن أيضا استخدام حالة عدم التوافق (الفصل السابع) بطريقة مماثلة .

التشابه الحفرى :

اذا ما كانت الصخور محتوية على حفريات فانها سوف تكون ذات فائدة خاصة فى المضاهاة ، فاذا ما وجدنا أنواعا من الحفريات فى مدى رأسى صغير ولها انتشار جغرافى واسع فان لهذه الأنواع فائدة مميزة وتعرف عادة باسم « الحفريات المرشدة » أو « الحفريات الدليلية

Guide or Index Fossils » ، وسوف نعود لمناقشة المضاهاة بالحفريات ببعض التفصيل من مكان آخر فى هذا الفصل ٠

الجغرافيا القديمة (أو الباليوجيوجرافى) :

يختص هذا الفرع من الجيولوجيا التاريخية بتوزيع البحار القديمة واليابسة وعلاقاتها ببعضها ، ويمكن تحديد المعالم الجغرافية القديمة عن طريق تفسير طرق تكوين الصخور الرسوبية فى أى زمن ، ووجود الحفريات له قيمة كبيرة فى تحديد الظروف الجغرافية والمناخية القديمة(٧٣)، وعلى سبيل المثال اذا وجدنا فى منطقة ما صخرا رسوبيا يحتوى على حفريات بحرية من العصر الطباشيرى المتأخر فان هذا يدل على وجود بحار قديمة فى هذه المنطقة وذلك خلال العصر المذكور ، ويمكن اعادة تصور هذه الملامح الجغرافية القديمة فى شكل خرائط « باليوجيوجرافية » (شكل ١٢١) ٠

الحفريات : أو سجل الحياة القديمة على الأرض :

« الباليونتولوجى Palcontology » ، أو علم البيئة القديمة ، أو علم الحفريات هو العلم الذى يتعلق بدراسة البقايا المحفوظة فى الصخور للحيوانات أو النباتات القديمة ، وقد أفادنا هذا العلم كثيرا فى تقدم معرفتنا بأشكال الحياة فى العصور القديمة ، وقد تتبع علماء الحفريات تطور الحياة من سجلها الواضح والمستمر (منذ حوالى ٦٠٠ مليون سنة) خلال تحولها الى الأنواع الأكثر تقدما فى الجيولوجية المتأخرة وحتى عصرنا الحاضر ٠

وباعتبار أن علم الحفريات يختص بسجل الحياة القديمة فانه ذو ارتباط وثيق بعلمى الحيوان والنبات ، وعند دراسة الحفريات يعتمد العلماء على قانون الوتيرة الواحدة وهو القانون الذى ينص على أن « الحاضر هو مفتاح الماضى » ، وبسبب طول الزمن الجيولوجى فاننا لا نكون دائما متأكدين من ظروف الحياة (أو البيئة) التى عاشت فيها الحيوانات والنباتات المنقرضة ، وعندما نكتشف وجود مجموعة حفرية يتشابه أفرادها مع أفراد مجموعة معاصرة فاننا يمكن أن نستنتج (وبقدر كبير من

---

(٧٣) يدل وجود الحجر الرملى على رسوبيات قارية او شاطئية ، والطفلة الصلصالية على بحار ضحلة ، ورسوبيات الملح على بحيرات مالحة او خلجان بحرية مقفولة وجو حار جاف ، كما تدل حفريات المرجانيات على بحار ضحلة دافئة ، ورسوبيات وزغ الجلوبيجيرينا على قاع محيط ـ (المعرب) ٠

الصحة) ان الكائنات المتحفرة عاشت فى ظروف مشابهة للظروف التى تعيش فيها الآن المجموعة المعاصرة ٠

أقسام علم الحفريات :

تمثل الحفريات بقايا أنواع كثيرة من الكائنات الحية ولذا فهى تنقسم الى أربعة أقسام رئيسية :

علم النبات القديم :

ويتعلق بدراسة النباتات المتحفرة والتغيرات التى مرت عليها ٠

علم الحفريات اللافقارية :

وهو دراسة حفريات الحيوانات التى لا تملك عمودا شوكيا أو فقاريا، وهذه الحفريات تشمل البروتوزوا (حيوانات دقيقة وحيـــدة الخلية) والمحار ونجوم البحر والديدان ، وتمثل بقايا الحيوانات التى عاشت فى البحار القديمة ٠

علم الحفريات الفقارية :

وهو دراسة الحيوانات القديمة التى لها عمود ظهـرى أو شوكى ، وتشمل بقايا الأسماك والبرمائيات والزواحف والطيور والثدييات ٠

علم الحفريات الدقيقة :

وهو دراسة الحفريات المتناهية فى الصغر والتى لا ترى الا بالمجهر (الميكروسكوب) ، وهذه البقايا الصغيرة المسماة « الحفريات الدقيقة » تمثل فى العادة أصدافا أو أجزاء من حيوانات أو نباتات دقيقة ، وهذه الدراسة لها قيمة كبيرة عند جيولوجى البترول لأنه يستطيع عن طريقها أن يتعرف على العمر النسبى للتكوينـات الصخرية التى على عمق آلاف الأمتار تحت سطح الأرض ٠

ما هى الحفريات ؟ :

الحفريات هى بقايا أو دلائل وجود النباتـات والحيوانات القديمة والتى تم حفظها فى صخور القشرة الأرضية ، وتمثل معظم الحفريات الأجزاء الصلبة من الكائنات القديمة والتى عاشت فى نفس المنطقة التى وجدنا فيها بقاياها ، وبمساعدة الحفريات يستطيع الجيولوجى أن يكون صورة صحيحة للحياة فى العصـــور القديمة ، وذلك عن طريق دراسة العظام

او الأسنان او الأصداف او آثار الاقدام أو أى شىء آخر يدل على سبق وجود حياة قديمة ٠

وقد جذبت الحفريات انتباه الانسان منذ التاريخ المبكر اذ وجدها العلماء مصاحبة لبقايا انسان ما قبل التاريخ ، وفى عصور متأخرة لاحظ بعض فلاسفة الاغريق والرومان القدامى وجود بقايا حفريات أصداف بحرية فى أمكنة بعيدة عن البحر (٧٤) وقد سجل واحد منهم وجود سمكة متحفرة فى مكان أعلى من مستوى سطح البحر ، واستنتج أن الأسماك كانت رائدة لكل أنواع الحياة ، وقد فسر أرسطو (٣٨٤ ـ ٣٢٢ ق٠م٠) وجود الحفريات على أنها نتيجة لقوى تشكيلية خفية تحت سطح الأرض ، لكن أحد تلاميذه وهو « ثيوفراستوس » قال انه يعتقد أن هذه الأشياء كانت تمثل نمطا من الحياة ولكنه ذكر أنها تكونت من « بذور أو بويضات نبتت فى الصخور » ٠

وقد لاحظ هيرودوت (٤٥٠ ق٠م٠) وجود حفريات بحرية فى الصحراء المصرية وأعطى استنتاجا صحيحا أن البحر المتوسط كان فى وقت ما فى تلك المنطقة (٧٤) ، وخلال « عصور الظلام » (٧٥) فسر الناس وجود الحفريات على أنها اما من فلتات الطبيعة أو أنها بقايا محاولات لخلق كائنات معينة أو أنها حيل شيطانية موضوعة فى الصخور لتقود البشر الى الضلال ، وقد أعاقت مثل هذه المعتقدات الخرافية تطور علم الحفريات لمئات من السنين ، ولكن فى خلال المائة سنة الأخيرة تقبل الناس الفكرة التى تقول بأن الحفريات هى بقايا الكائنات التى عاشت قديما ، كما اكتسبت الحفريات أهمية متزايدة بالنسبة لعلماء الأرض ٠

كيفية تكون الحفريات :

توجد معظم الحفريات فى صخور رسوبية بحرية ، وقد تكونت هذه الصخور عندما ترسبت مواد مثل كربونات الكالسيوم والطين والرمال والأصداف فى مياه البحر المالحة ، ثم كونت طبقات تراكمت فيما بعد وحدث لها التحام (سمنته) فكونت صخورا ، ومن النادر أن توجد حفريات فى الصخور النارية أو المتحولة ، وحتى الصخور الرسوبية لا تحوى

---

(٧٤) ذكر بلوتارخوس المؤرخ اليونانى القديم فى كتابه « ايزيس وأوزوريس » أن المصريين القدماء كانوا أول من لاحظ وجود الأصداف فى المحاجر ومنها استنتجوا أن البحر كان يغطى أرض مصر فى سالف الزمن ، وربما نقل هيرودوت هذه الملاحظة من بلوتارخوس وادعاها لنفسه كعادته ـ (المعرب) ٠

(٧٥) المقصود بها فترة القرون الوسطى فى أوربا قبل عصر النهضة ، وقد ساد فيها الجهل والخرافة ـ (المعرب) ٠

الا الجزء الضئيل من النباتات والحيوانات القديمة التى تركت دليلا على وجودها فى الماضى ، وهذا لا يتعذر فهمه اذا كنا على دراية بالمتطلبات الصارمة لعملية التحفر ٠

شروط التحفر :

توجد عوامل كثيرة وهى التى تحدد فى النهاية ما اذا كان الحيوان قابلا للتحفر وأهمها ثلاثة متطلبات :

١ ـ يجب أن يحتوى الكائن على أجزاء صلبة :

وهذه الأجزاء اما أن تكون على هيئة صدفة أو عظام أو أسنان أو نسيج خشبى لنبات ، ومن جهة أخرى قد يحدث فى أحوال غير عادية أن تتحفر بعض المواد الهشة أو غير الصلبة مثل قنديل البحر الهلامى أو احدى الحشرات ٠

٢ ـ يجب أن تنجو البقايا العضوية من اتلف السريع بعد الموت :

وذلك لأنه فى حالة تعرض أجزاء الجسم للسحق أو التحلل أو التجوية السيئة أو لأى تغير كبير فان هذا قد يؤدى الى تغيير أو تحطيم كامل للبقايا الحفرية لهذا الكائن ٠

٣ ـ يجب أن يحدث دفن سريع فى وسط قادر على منع التحلل :

ويعتمد نوع المواد التى يتم فيها دفن البقايا على المكان الذى عاش فيه الكائن العضوى ، ويكثر تحفر الحيوانات البحرية لأنها عندما تموت تسقط الى قاع المحيط حيث تتغطى بالمواد الوحلية اللينة والتى تتحول فيما بعد الى طفلة صفحية أو حجر جيرى وذلك بعد مرور عدة عصور جيولوجية عليها ، والمعروف أن الرسوبيات الدقيقة لا تفسد البقايا العضوية بل بالعكس فانها تمنع التحلل ، وقد حفظت أحجار جيرية من العصر الجوراسى فى المانيا عينات رقيقة (مثل الطيور والحشرات وقنديل البحر) حفظا أمينا ٠

وقد حدث أن الرماد المتساقط من بركان قريب قد غطى غابات بأكملها ، وقد وجدت بعض هذه الغابات المتحفرة بأشجارها التى مازالت واقفة ومحفوظة حفظا ممتازا ، وتوجد أمثلة جيدة لمثل هذه الأشجار فى منتزه « يلوستون » القومى فى ولاية ويرمنج (٧٦) ٠

---

(٧٦) وقد حفظ الرماد المتساقط من بركان فيزوف عام ٧٩ م مدينة بومبى بأكملها بما فيها من منازل وأهال وحيوانات ، وقد ماتت هذه الكائنات وبقيت فى نفس الوضع الذى كانت عليه لحظة انفجار البركان ـ (المعرب) ٠

كما أن الرمال المتحركة والقطران كانت مسئولة عن حالات الدفن السريع لبعض الحيوانات ، وقد عمل القطران كمصيدة لأسر الوحوش وأيضا كمادة مضادة للتعفن ، وهكذا فانه قد منع تحلل البقايا الصلبة ، وتشتهر حفر القطران المعروفة باسم « رانكولابريا » قرب لوس انجيلوس بولاية كاليفورنيا بسبب وجود عدد كبير من عظام الحيوانات القديمة التى أمكن استخراجها من القطران ، وتشمل هذه الحيوانات أنواعا عديدة مثل القطط ذات الأسنان السيفية وكسلان الأرض العملاق وكائنات أخرى انقرضت فى العصر الحديث ، وفى أحوال خاصة فان بقايا بعض الحيوانات التى عاشت فى العصر الجليدى قد دفنها الجليد ، وقد اشتهرت بعض هذه البقايا المتجمدة مثل الماموث الضخم ذى الفراء الذى حفظ كاملا وبحالة ممتازة ٠

ثغرات فى السجل الحفرى :

بالرغم من أنه قد عاش على هذا الكوكب عدد لا يحصى من الكائنات خلال العصور الماضية الا أن عددا ضئيلا منها قد ترك أثرا لوجوده ، وحتى فى بعض الحالات التى تحققت لها متطلبات التحفر فان هناك أسبابا أخرى منعت وجود أية حفريات ٠

وعلى سبيل المثال فان عوامل التحات تدمر أعدادا كبيرة من الحفريات. وقد تذيب المياه الجوفية بقاياها الصلبة ، كما أن تعرض بعض الصخور لتغيرات فيزيائية كبيرة (مثل الضغط والحرارة) يفسد الحفريات فلا يمكن التعرف عليها ٠

وبالمثل فان كثيرا من الصخور الغنية بالحفريات يتعذر دراستها لأنها مغطاة بالمياه أو بطبقات سميكة من صخور أخرى ، أو أنها تقع فى أماكن ليس من السهل الوصول اليها جغرافيا ، وهذه المعوقات (ومشاكل أخرى كثيرة غيرها) تواجه الجيولوجى فى محاولاته لدراسة حيوانات العصور الغابرة ٠

وتصبح الثغرات فى السجل الحفرى أكثر تعددا ووضوحا فى الصخور القديمة لأنه كلما كانت الصخور قديمة زادت فرصة تعرضها للتغيرات الفيزيائية والكيميائية ولظروف التحات ٠

الأنواع المختلفة من البقايا الحفرية :

توجد طرق عديدة لتحفر النباتات والحيوانات ، وقد حدد علماء الحفريات أربعة أنماط رئيسية للحفظ ، يعتمد كل منها على تركيب البقايا وأنواع التغيرات التى حدثت منذ لحظة دفن الكائن الحى ٠

الأجزاء اللينة الأصلية للكائنات :

حتى يتم الحفظ بهذه الطريقة يجب أن يحدث دفن الحيوان في وسط قادر على منع تحلل الأجزاء اللينة ، ومن أمثلة هذه المواد التى تحفظ هذا النمط الحفرى تجد التربة المتجمدة أو الجليد ، والتـربة المشبعة بزيت النفط ، والكهرمان (نوع من الصمغ النباتى القديم) ، وفى بعض الحالات يحدث جفاف للكائنات العضوية حتى تصبح على شكل « مومياء طبيعية » ، ونجد هذا النوع الأخير فى الأماكن الجافة أو الصحراوية وفى ظروف أمكن فيها حفظ البقايا من هجوم الوحوش أو آكلات القمامة (مثل النمل) .

وقد اكتشفت أفضل الأمثلة المعروفة لحفظ الأجزاء اللينة فى الاسكا وسيبريا ، وقد ظهرت فى البرارى الجليدية فى هذه المناطق أعداد كبيرة من حيوان الماموث ذى الفراء (فيل منقرض) فى حالة تجمد ، وقد برزت أجسام هذه الحيوانات الضخمة (التى دفن معظمها لفترات تصل الى ٢٥ ألف سنة) عندما بدأ انصهار الجليد ، وقد كان حفظ هذه الجيف جيدا لدرجة أن الكلاب قد أقبلت على أكل لحمها ، كما أن أنيابها قد بيعت عن طريق تجار العاج .

وفى شرق بولندا أمكن الحصول على الأجزاء اللينة الأصلية لبعض الكائنات من تربة مشبعة بزيت النفط ، كما أمكن الحصول على جيفة « ذى القرن الأنفى » (وهو حيوان من ذوات الأربع) فى حالة حفظ جيدة وكذا جزء من جلد خرتيت منقرض فى هذه الرسوبيات .

وقد وجدت مومياوات طبيعية لحيوان « كسلان الأرض » فى كهوف وفوهات بركانية فى ولايتى نيومكسيكو واريزونا ، اذ أدى المناخ الصحراوى الشديد الجفاف الذى كان سائدا الى تجفيف كامل للأجزاء اللينة قبل أن تتعرض للتحليل ، وقد اكتشفت عينات شملت أجزاء من الجلد الأصلى والشعر والعضلات والمخالب .

كما توجـد طريقة مهمة وغريبة فى نفس الوقت هى الحفظ فى الكهرمان ، وقد حدث هذا عندما سقطت بعض الحشرات القديمة فى مصيدة الصمغ اللزج الذى كان ينضح من بعض أشجار المخروطيات ، وقد تصلب هذا الصمغ فيما بعد فأصبحت الحشرات محفوظة فى قبر من الكهرمان ، وبهذه الطريقة تحفرت بعض الحشرات والعناكب وكانت طريقة الحفظ جيدة جدا لدرجة أنه أمكن دراسة شكل الشعر الدقيق ونسيج العضلات تحت المجهر .

ومن الواضح أن حفظ الأجزاء اللينة الأصلية لبعض الكائنات قد أعطى بعض الحفريات المهمة ذات المنظر الجميل ، لكن مثل هذا النمط المتحفر يعتبر نادرا نسبيا ، ويجد الجيولوجى أنه من الضرورى أن يدرس البقايا الحفرية المحفوظة فى الصخور ٠

الأجزاء الصلبة الأصلية للكائنات :

تحتوى معظم النباتات والحيوانات على أجزاء صلبة قابلة للتحفر ، وقد تكون هذه الأجزاء أصدافا لمحارات أو حلزونيات أو أسنانا أو عظاما لفقاريات أو هياكل خارجية لسرطان البحر أو نسيج خشبى لبعض النباتات ، وتتكون هذه الأجزاء الصلبة من مواد مختلفة قادرة على مقاومة فعل التجوية والتأثير الكيميائى ، وحفريات هذا النوع شائعة نسبيا :

البقايا الجيرية :

يكثر وجود أجزاء صلبة مكونة من الكالسيت (كربونات الكالسيوم) بالنسبة للافقاريات مثل أصداف المحاريات والحلزونيات والمرجانيات ، وقد وجدت حفريات كثيرة لهذه الأصداف محفوظة مع تغير فيزيائى طفيف أو بدون تغير عن الأصل (شكل ١٢٢) ٠

البقايا الفوسفاتية :

تحتوى عظام وأسنان الفقاريات والهياكل الخارجية لكثير من اللافقاريات على كميات كبيرة من فوسفات الكالسيوم ، ويتميز هذا المركب بمقاومته للتجوية ، وبالتالى فان البقايا الفوسفاتية موجودة فى حالة حفظ ممتازة ٠

البقايا السيليسية :

لكثير من الكائنات هياكل من السيليكا (أى ثانى أكسيد السيليكون)، وقد تحفظ هذه الهياكل مع تغير طفيف ، وقد تحفرت الأجزاء الصلبة السيليسية لأعداد هائلة من الكائنات الدقيقة ولأنواع خاصة من الاسفنجيات ٠

البقايا الكيتينية :

لبعض الحيوانات هيكل خارجى من الكيتين (وهو مادة تشبه تركيب أظافرنا) ، وقد حفظت الهياكل الخارجية الكيتينية المتحفرة للمفصليات ولكائنات أخرى ، وأصبحت على شكل طبقة رقيقة من الكربون ، وذلك بسبب تركيبها الكيميائى وطريقة دفنها ٠

الأجزاء الصلبة المتغيرة للكائنات :

قد تعانى الأجزاء الصلبة للكائن من تغير كبير بعد دفنه ، ويحدث هذا التغير بعدة طرق تعتمد على طبيعة تركيب الأجزاء الصلبة وعلى مكان معيشة الكائن ، وسنشرح هنا بعض عوامل التغير الشائعة :

التكربن :

ويعرف أيضا باسم « التقطير الاتلافى » ، ويحدث عندما تتحلل المادة العضوية ببطء بعد دفن الكائن ، وخلال عملية التحلل تفقد المادة العضوية كمية من الغازات والسوائل تاركة طبقة رقيقة من المواد الكربونية ، ويتكون الفحم الحجرى بنفس هذه العوامل، وليست حفريات المواد النباتية المتفحمة بالحالة النادرة فى كثير من رواسب الفحم ، وبالاضافة الى ذلك فقد تحفظ الأسماك والجرابتوليتات والزواحف حفظا غير عادى عن طريق التكربن .

التحجر أو التشبع بالمعادن Petrification :

تتحجر أعداد كبيرة من الحفريات أى أنها تتحول الى ما يشبه الحجر ، ويحدث هذا النمط من الحفظ عندما ترتشح المياه الجوفية المحملة بالمعادن الذائبة من خلال مسام العظام أو الأصداف أو المواد النباتية ، وترسب هذه المياه الجوفية حمولتها من المعادن فى الفراغات الموجودة فى الأجزاء الصلبة من الحفريات فتحيلها الى أجسام ثقيلة ومقاومة للتجوية ، وأكثر المعادن المترسبة بهذه الطريقة شيوعا هى الكالسيت والسيليكا والمعادن الحديدية .

الاحلال أو التمعدن :

يحدث هذا الحفظ اذا ما أزيلت الأجزاء الصلبة من الكائنات بعد اذابتها بالمياه الجوفية ، وفى نفس الوقت ترسبت مواد أخرى فى الفجوات الناتجة من الاذابة ، وتفقد بعض الحفريات جزءا من شكلها الأصلى بسبب ترسب المعدن الجديد ، وفى حالات أخرى مثل جذوع الأشجار يبقى الشكل الأصلى محفوظا بكل تفاصيله (٧٧) .

وبالرغم من أنه من المعروف أن أكثر من ٥٠ معدنا تحل مكان التركيب العضوى الأصلى فان أشهر هذه المواد هى الكالسيت (كربونات الكالسيوم) والدولوميت (كربونات كالسيوم ومغنسيوم) والسيليكا وبعض مركبات الحديد .

---

(٧٧) توجد حفريات من الخشب الذى حلت محله السيليكا فيما يعرف باسم « الغابة المتحجرة » فى حلوان قرب القاهرة ـ (المعرب) .

آثار الكائنات :

لا يقتصر وجود بعض الحفريات على البقايا الحقيقية للنباتات والحيوانات فحسب وانما أيضا على أى أثر أو دليل يثبت وجودها ، وبالرغم من أن هذا الأثر أو الدليل لا يعطى وصفا مباشرا للكائن الأصلى فانه يشير الى وجود سابق لنباتات أو حيوانات قديمة ، وقد يظهر هذا النمط من التحفر معلومات كثيرة عن طبيعة الكائن (صاحب الأثر) أو صفاته :

القوالب والصبات :

من الشائع أن تتحفر الأصداف وأوراق الشجر والأشكال الأخرى من المواد العضوية على شكل قوالب داخلية أو خارجيـة ، فاذا حدث ضغط بسيط على صدفة فى قاع البحر قبل تحول الرسوبيات الى صخور صلبة فقد نجد انطباعا للشكل الخارجى للصدفة يعرف باسم « القالب Mold » واذا ما حدث فى وقت لاحق أن امتلأ هذا القالب بمواد أخرى تتكون « صبة Cast » ، وهذه الصبة تظهر الملامح الخارجية الأصلية للصدفة ، وهكذا فان هذه الآثار تسمى « قوالب خارجية » اذا ما أظهرت الملامح الخارجية للأصداف ، أو « قوالب داخلية » اذا ما أظهرت الشكل الداخلى للأصداف ٠

وكثيرا ما نقابل القوالب والصبات فى الصخور الغنية بالحفريات ، وأكثرها شيوعا ما تتركه أصـداف المحار والحلزونيـات ، وهذا يعود أساسا الى أن الأصداف الأصلية لهذه الكائنـات مكونة من معادن سهلة الاذابة نسبيا مما يؤدى الى تدميرها ٠

آثار الأقدام والجرات والجحور :

يترك كثير من الحيوانات آثـارا تبين حركتها على الأرض الجـافة أو فوق قاع البحر ، وبعضها (مثل طابع القدم ، شكل ١٢٣) يدل على نوع الحيوان الذى تركها كما قد يعطى معلومات مفيدة عن بيئة الحيوان ٠

وهكذا فان دراسة مجموعة من آثار أقدام الدينوصور لاتدل فقط على حجم وشكل أقدام الدينوصور ، بل تعطى صورة أو فكرة عن وزن الدينوصور وطوله ، كما أن طبيعة الصخر المحتوى على الأثر قد تساعد على تحديد الظروف التى عاش فيها الحيوان ٠

وقد تترك بعض اللافقاريات آثار أقدام أو جرات تبين نشـاطها ، ويمكن رؤية علامات من هذا النوع على سـطح كثير من طبقـات الأحجار الرملية والجيرية ، وقد تكون هذه الآثار جرات بسيطة تركها الحيوان أثناء

حركته على سطح الصخر ، أو جحور السرطانات البحرية (أو أى كائنات أخرى من ساكنات الجحور) ، ومثل هذه المعلومات تعطى فكرة عن طريقة حركة هذه الكائنات ونوع البيئة التى عاشت فيها ٠

الاخراجات المتحفرة :

وهى روث متحجر أو فضلات الجسم (شكل ١٢٤) ، وقد تعطى هذه الاخراجات المتحفرة معلومات مفيدة عن العادات الغذائيـة للحيوان الذى تركها أو تركيبه التشريحى ٠

الحصوات المعدية :

وهى أحجار مصقولة جيدة الاستدارة (شكل ١٢٥) ، ويعتقد أنها كانت ذات فائدة لمعدة بعض الزواحف لأنها تطحن الغذاء فتحوله الى قطع صغيرة ، وقد وجدت أعداد كبيرة من « أحجار المعدة » مع بقايا أنواع معينة من الدينوصورات وزواحف أخرى منقرضة ٠

تقسيم الحفريات :

توجد أعداد لاتحصى من الكائنات (منها الموجود الآن ومنها المنقرض أيضا) مما يتطلب وجود نظام للتقسيم لربطها معا ، وكثير من الكائنات المتحفرة تحمل تشابها واضحا مع نباتات وحيوانات مازالت تعيش حتى يومنا هذا ، ولهذا السبب فان تقسيم علم الحفريات يماثل التقسيم المتبع لكائنات العصر الحاضر ، وقد وضع هذا التقسيم (أو « التسمية الثنائية ») العالم السويدى لينيوس عام ١٧٥٨ ٠

وتتكون الأسماء العالمية (وفق مبادىء التسمية الثنائية) من جزءين: اسم الجنس واسم النوع ، وتشتق هذه الأسماء عادة من كلمات اغريقية أو لاتينية تصف الكائن أو الحفريات المقصودة ، كما تشتق أحيانا من أسماء شعوب وأماكن ، وفى مثل هذه الحالات فان هذه الأسماء توضح دائما بأسلوب لاتينى ، وقد استخدمت اللغتان الاغريقية واللاتينية لأنهما من اللغات الميتة ولذلك فهى غير معرضة لأى تغيير ، كما أنهما لغتان عالميتان، ويستطيع الباحث فى كل العالم استخدام نفس الأسماء بغض النظر عن لغة كل باحث ، وقد أدى استخدام نظام التسمية الثنائية الى تقدم « علم تقسيم الكائنات » والذى يهتم بالتقسيم المنظم للنباتات والحيوانات حسب العلاقات فيما بينها ٠

وحدات التقسيم :

قسمت الكائنات العضوية الى مملكتين : المملكة النباتيـة والمملكة الحيوانية ، وقد قسمت كل مملكة الى أقسام كبيرة تسمى قبائل (ومفردها بالانجليزية ينطق « فايلم » من الكلمـــة الاغريقية Phylon وتعنى « سلالة ») ، وتتكون كل قبيلة من كائنات لها صفات مشتركة ، وعلى سبيل المثال فان كل الحيوانات التى لها حبل شوكى (أو حبل ظهرى) تقع ضمن قبيلة « الحبليات » .

وتنقسم القبيلة الى أقسام أصغر تعرف باسم «الطوائف» ، كما تقسم الطائفة الى « رتب » والرتبة الى «عائلات » ، والعائلة الى « أجناس » كما يقسم كل جنس الى وحدات أصغر تسمى « أنواع » ، كما يمكن تقسيم النوع الى « تحت أنواع » أو « أصناف » أو « مجموعات من الأفراد » ... الخ ، ويوضـح الجدول التالى وضـع الانسان والكلب والمحـار فى هذا التقسيم :

الوحدة :	Unit	الانسان	الكلب	المحار
المملكة :	Kingdom	الحيوانية	الحيوانية	الحيوانية
القبيلة :	Phylum	الحبليات	الحبليات	الرخويات
الطائفة :	Class	الثدييات	الثدييات	اسفينيات الأقدام .
الرتبة :	Order	الرئيسيات	آكلات اللحوم	رقائقية الخياشيم الحقيقية
العائلة :	Family	الانسانية	الكلبية	فينيريدى
الجنس :	Genus	الانسان	الكلب	فينوس (٧٨)
النوع :	Species	الحديث	الأليف	ميرسيناريا

(٧٨) سمى هذا الجنس على اسم ربة الجمال « فينوس » بسبب شكل الصدفة الجميل، أما النوع « ميزسيناريا » فيعنى « قابل للتداول » ويحتمل ان هذه الأصداف قد استخدمت كعملة عند البدائيين في وقت سابق ـ (المعرب) .

ويتكون الاسم العلمى لكل كائن من اسمى الجنس والنوع ، وطبقا لهذا النظام التقسيمى فان الاسم العلمى لكل البشر فى العصر الحاضر هو « الانسان الحديث » (وباللاتينية « هوموسابينز ») ، ومن الواضح أنه توجد فوارق كثيرة بين أفراد البشر لكنهم جميعا لهم صفات مشتركة ولهذا فانهم يوضعون ضمن نوع واحد (٧٩) ٠

وعند كتابة الاسم العلمى بالحروف اللاتينية فانه من المتفق عليه أن يبدأ اسم الجنس بحرف لاتينى كبير Capital Letter بينما يبدأ اسم النوع بحرف لاتينى صغير Small Letter ، ويجب أن يكتب الاسمان بحروف مائلة (٨٠) أو يوضع تحتها خط مثل Canis familiaris أى الكلب الأليف ٠

كيفية استخدام الحفريات :

تفيدنا الحفريات فى أمور متعددة ، اذ أن كل حفرية تعطينا معلومات عن الوقت الذى عاشت فيه وكذا المكان وطريقة الحياة ، وعلى سبيل المثال فاننا نستخدم الحفريات لكى نقتفى أثر تطور النباتات والحيوانات على الأرض ، اذ أن حفريات الصخور الأقدم تكون فى العادة أكثر بدائية وبساطة فى التركيب ، وتبين دراسة الحفريات المشابهة والتى عاشت فى عصور جيولوجية لاحقة أن حفريات الصخور الأكثر حداثة تكون أشد تعقيدا وأكثر تقدما فى سلم التطور ، وتعتبر بعض الحفريات ذات قيمة كبيرة فى الدلالة على ظروف البيئة ، وعلى سبيل المثال فقد كانت المرجانيات البانية للشعاب تعيش دائما فى نفس الظروف التى تعيش فيها مثيلاتها فى العصر الحاضر ، فاذا ما وجدنا حفريات لشعاب مرجانية فى مكانها الأصلى (أى نفس المكان الذى دفنت فيه) فاننا نستنتج أن الصخور الحاوية لها قد ترسبت فى مياه مالحة دافئة وضحلة نسبيا ، وهكذا فان دراسة تواجد وتوزيع حفريات الشعاب المرجانية تمكننا من رسم مواقع وحدود البحار القديمة ، أى أن نمط الحفريات الموجودة يمدنا بدلائل عن العمق ودرجة الحرارة وظروف قاع البحار القديمة ودرجة ملوحتها ٠

---

(٧٩) تنتمى أية مجموعة من الكائنات لنفس الجنس والنوع اذا ما تزاوج أفرادها وانتجوا افرادا جديدة قابلة للتناسل ، وبذلك تعتبر كل السلالات البشرية (المغولية والقوقازية والزنجية) الموجودة الآن منتمية لنفس الجنس والنوع لأنها تخضع لنفس الظاهرة (المعرب) ٠

(٨٠) الحروف المائلة فى الانجليزية طريقة للكتابة تسمى italics ويصعب محاكاتها فى اللغة العربية ـ (المعرب) ٠

كما أن المضاهاة (أى العملية التى تبين الارتباط الزمنى للطبقات الصخرية فى أماكن مختلفة) هى أحد الاستخدامات المهمة للحفريات ، وهكذا فانه عندما نضاهى أو نوفق الطبقات التى تحتوى على نفس المجموعة الحفرية فاننا نتمكن من تعيين مدى انتشار تكوين جيولوجى معين فى منطقة كبيرة ، وتتميز بعض الحفريات بأن لها مدى زمنيا قصيرا وانتشارا جغرافيا واسعا ، وبتعبير آخر فقد عاشت هذه الحفريات زمنا قصيرا نسبيا فى التاريخ الجيولوجى ولكنها انتشرت فى أماكن كثيرة خلال وجودها القصير زمنيا ، وهذه هى الحفريات الدليلية أو « الحفريات المرشدة » ولها فائدة خاصة فى المضاهاة لأنها تصاحب صخورا تكونت فى زمن قصير محدود .

ويعتبر جيولوجى البترول أن الحفريات الدقيقة لها فائدة كبرى كحفريات مرشدة ، ويقوم أخصائى الحفريات الدقيقة بغسل عينات الآبار والمأخوذة من ثقوب الحفر ويفصل الحفريات الدقيقة من باقى الصخور ، ثم يلصق العينات على شرائح خاصة ليفحصها بالمجهر ، وقد تعطى المعلومات التى نحصل عليها من هذه الحفريات الدقيقة بيانات مهمة عن عمر التكوينات التى تحت سطح الأرض واحتمالات وجود البترول بها ، كما حدث فى حقول النفط بولاية كاليفورنيا ، وفى المناطق الساحلية من الأطلنطى وخليج المكسيك والتابعة للولايات المتحدة ، وقد أطلق على بعض المناطق المنتجة للبترول فى تكساس ولويزيانا أسماء بعض الحفريات الدليلية من أجناس « المثقبات » (أى الفورامينفرا ، وهى رتبة من قبيلة وحيدات الخلية ، انظر الفصل العشرين) ، وقد تستخدم حفريات دقيقة أخرى مثل المغزليات (الفيوزيولينيد) والاستراكودا والأبواغ (٨١) وحبوب اللقاح للتعرف على التكوينات تحت السطحية فى مناطق أخرى .

وبالرغم من أن الحفريات النباتية مفيدة جدا كدلائل على الحالة المناخية لكننا لا نعتمد عليها فى المضاهاة ، وان كانت تعطى معلومات كثيرة عن تطور النباتات خلال التاريخ الجيولوجى .

---

(٨١) الأبواغ هى خلايا لازمة للتكاثر اللاجنسى فى النبات ، وتوجد متحفرة فى رسوبيات الفحم ـ (المعرب) .

الفصل العشرون

الحيـــاة فى العصور القديمة

ذكرنا فى الفصـــل الســـابق (الذى يتعلق بالسجل الجيولوجى للكائنات على ظهر الأرض) أنه سبق أن عاشت خلال العصور القديمة أنواع كثيرة من النباتات والحيوانات على سطح الأرض ، وبعض هذه الكائنات تشبه كثيرا بعض الكائنـــات المعاصرة ، كما عاشت كائنـــات أخرى ذات حجـــم هائل ولها أشكال شـــاذة وهى تختلف تمـــاما عن كائنات العصر الحاضر .

أما الهدف من هذا الفصل فهو اعطاء مقدمة عن مختلف أشكال الحياة فى الماضى والحاضر ، وبالرغم من أننا لم نحاول أن نستخدم تقسيما شديد التعقيد فان التقسيم المســـتخدم هنـــا يتميز بالحداثة ويتفق كثيرا مع تقسيمات مراجع الحفريات والجيولوجيـــا التاريخيـــة ، وقد يختلف التقسيم المستخدم فى هذا الكتـــاب فى بعض النـــواحى مع تقسيمات الكتب الأخرى (ولاسيما القديم منهـــا) ، ولهذا السبب رأينا أنه من الأفضل أن نعطى بدائل التسميات المختلفة لعدد قليل من المجموعات .

وفى هذا الفصـــل نعطى اهتماما أكبر للدراســـة المورفولوجية Morphology (أى دراسة التركيب أو الشكل الخارجى) ، حتى يتمكن القارىء من تصور كيفية التعرف على صفات كل مجموعة تحت الدراسة ، وحتى يستطيع التعرف على بعض الحفريات الشائعة اذا ما كلف بالبحث عنها ، كما أضفنا تعليقات على مواطن الحفريات وطرق الحفظ الشائعة والمدى الجيولوجى (أى المدة المعروفة لوجود الكائن الحى خلال التاريخ الجيولوجى) .

الأوليات : النباتات والحيوانات والكائنات المشتركة (؟) :

الأوليات هى كائنات معقدة وحيدة الخلية لا تظهر الخصائص المميزة

للنباتات أو الحيوانات فى كل الأحوال ، ولذلك فان الأوليات Protists تشمل كائنات سبق اعتبارها نباتات أحيانا أو حيوانات فى أحيان أخرى، ويعتقد أن احدى مجموعات الأوليات (وهى الطحالب الخضراء) كانت البشائر الأولى للكائنات النباتية ، وفى الواقع فان الأوليات تعتبر أجدادا مشتركة لكل من النباتات والحيوانات ، كما أنها تحتسب ضمن أول أشكال الحياة التى عمرت الأرض •

قبيلة وحيدة الخلية Phylum Protozoa :

يتكون كل أفراد هذه القبيلة من كائنات ذات خلية واحدة ، ومعظمها لا يشتمل على أجزاء صلبة ، على أن بعض الأنواع لها أصداف خارجية صلبة وقابلة للتحفر ، ومعظمها لها حجم دقيق ولهذا فهى مهمة كحفريات دقيقة ، وتشتمل هذه القبيلة على طائفة « ساركودينا » التى تنتمى اليها رتبتان هما « الفورامينيفرا » (أى المثقبات) و « الراديولاريا » (أى الأشعاعيات) وكلاهما مفيد كحفريات •

والفورامينيفرا Foraminifera (أى المثقبات) هى حيوانات بحرية تفرز أصدافا دقيقة مكونة من غرف عديدة ، وقد تتكون هذه الأصداف من الكيتين أو السيليكا أو كربونات الكالسيوم (شكل ١٢٦) ، وتنتشر المثقبات فى كثير من الصخور الرسوبية التى من أصل بحرى وتتواجد فى صخور تتراوح من الكمبرى الى العصر الحديث ، وتعتبر المثقبات أكثر الحفريات الدقيقة فائدة لانتشارها الواسع وأعدادها الهائلة •

وتفرز أفراد رتبة الراديولاريا (أى الاشعاعيات) أصدافا سيليسية رقيقة مغطاة بأشواك (شكل ١٢٧) ، ويكثر وجودها فى بعض الرسوبيات البحرية ، ويتراوح تواجدها من الكمبرى حتى العصر الحديث ، ولكنها ليست شائعة كحفريات •

النباتات القديمة :

سبق أن ذكرنا أن الحفريات النباتية تكون هشة فى العادة وحفظها غير جيد ، ومع ذلك فقد تركت النباتات سجلا حفريا كافيا أمدنا بكثير من المعلومات عن تطور هذه المملكة ، وبالاضافة الى ذلك فان أنواعا خاصة من الحفريات النباتية تستخدم كدلائل على ظروف المناخ القديم ، كما أن لها أهمية فى تكوين الفحم الحجرى •

تقسيم النباتات :

سوف نتكلم عن الأقسام الكبرى فقط ، ومع ذلك فاننا سنجد تنويعات كثيرة داخل المملكة النباتية ، وسوف نستخدم كلمة « قبيلة » (المستخدمة فى تقسيمات المملكة الحيوانية) ، وهى التسمية المفضلة عند علماء النبات وعلماء النبات القديم ٠

تحت مملكة « ثالوفيتا » « أو الثالوسية » Thalophyta :

وهى تشمل أبسط النباتات ، فهى لا تكون أجنة وليس لها جذور أو سيقان أو أوراق ، وتشتمل على الفطريات والطحالب والاشنات والدياتومات ، وينتشر وجود الدياتومات على شكل حفريات دقيقة فى الصخور الرسوبية التى من أصل بحرى (شكل ١٢٨) ، وتفرز بعض أنواع الطحالب مادة كربونات الكالسيوم بكميات وافرة تكفى لتكوين كتل كبيرة من الحجر الجيرى تعرف باسم « الشعاب » ، ومثل هذه الشعاب الطحلبية ينتشر وجودها فى بعض صخور ما قبل الكمبرى وهى من أقدم الحفريات المعروفة (٨٢) وتتواجد النباتات الثالوسية فى صخور تتراوح من ما قبل الكمبرى حتى العصر الحديث ٠

تحت مملكة « امبريوفيتا » (أى النباتات الجنينية) Embryophyta :

وهى نباتات قادرة على تكوين جنين ، وهذا ما يثبت تفوقها على النباتات الثالوسية فى سلم التطور ، وهى تشمل قسم « برايوفيتا » (أى النباتات الحزازية) التى تنتمى الى الحزازيات المنبطحة والحزازيات القائمة ، وبالرغم من وجودها فى صخور الديفونى حتى العصر الحديث الا أنه من النادر أن نجد للحزازيات أية حفريات ٠

ومن أهم أقسام النباتات الجنينية قسم « تراكيوفيتا » (أى النباتات الوعائية) والتى تنقسم الى أربعة تحت أقسام ، ومن بينها نجد أهم النباتات الحفرية والمعاصرة والتى تشمل السرخسيات ودائمة الخضرة والزهريات ومتساقطة الأوراق ، ومن أشهر حفريات النباتات الوعائية نجد السيكاديات والسرخسيات و « ذيل الحصان » بالاضافة الى « نباتات الفحم » المهمة مثل الحزازيات الصولجانية والحلفا (أو السمار) وذوات السيقان الحرشفية (شكل ١٢٩) وتوجد النباتات الوعائية منذ السيلورى وحتى العصر الحديث ٠

---

(٨٢) ويوجد نوع من الشعاب الطحلبية فى موريتانيا يعرف باسم « سترومانوليت » (المعرب) ٠

وقد وجدت أيضا حفريات لبذور وأبواغ وحبوب لقاح ، ولصغر حجم هذه الحفريات فان بعضها يعتبر من الحفريات الدقيقة المهمة ٠

الحيوانات القديمة :

من الشـائع وجود بقايا متحفرة للحيوانات فى كثير من الصخور الرسوبية ، وهذه البقايا تنتمى لأنواع كثيرة مختلفة وتمثل حفريات لأعداد لا تحصى من الكائنات مثل أصداف وحيدات الخلية ذات الحجم المجهرى ، وعظام الدينوصورات الضخمة ، على أن الحفريات الأكثر انتشارا هى بقايا الحيوانات اللافقارية مثل المرجانيات والمحار والحلزونيات ٠

تقسيم الحيوانات

سبق أن قدمنا أساسيات علم التقسيم فى الفصل السابق ، وسوف نتابع نظام التسمية الثنائية الذى سبق شرحه ٠

قبيلة الاسفنجيات Porifera :

وهى أبسـط أنواع عديدات الخلايا ، وتفرز الاسفنجيات الحية أصـدافا تتكون من الكيتين أو السـيليكا أو كربونات الكالسيوم أو الاسفنجين (٨٣) ، وتتكون هذه المواد عادة على شكل شويكات (أشواك صغيرة) صلبة (شكل ١٣٠) وهى تسـاعد على سند الأنسجة اللينة للأسفنج ٠

وبالرغم من قلة انتشـار الاسفنجيات المتحفرة لكن قليلا منهـا (شكل ١٣١) موجود على درجة متوسطة من الانتشار فى بعض صخور الحقب القديم ، كما قد توجد شويكات لبعض الأنواع على شكل حفريات دقيقة ، ويحتمل وجود بعض أجناس قبيلة الاسفنجيات فى أزمنة ما قبل الكمبرى ، كما أن بعض الاسفنجيات والكائنات شبه الاسفنجية كانت منتشرة فى عصر الكمبرى ٠

قبيلة الجوفمعويات Coelentrata :

وتشمل مجموعة كبيرة من الكائنات عديدة الخلايا والتى تعيش فى الماء ٠ وبالرغم من أنها أكثر تعقدا من الاسفنجيات الا أنها ما زالت تعتبر بدائية ، وللحيوان فراغ جسمى يشبه الكيس وفم محدد وظاهر ولوامس

---

(٨٣) الاسفنجين هو المادة القرنية الهيكلية فى اسفنج « الحمام » الطبيعى ـ (المعرب)٠

تحمل خلايا لاسعة ، وأهم نماذج الجوفمغويات هى المرجانيات وقناديل البحر .

والطوائف الثلاث الأكثر شيوعا فى قبيلة الجوفمعويات هى الهدريات (شبيهات الهيدرا) والفنجاليات (ومنها قناديل البحر) والزهريات (وتشمل المرجان وشقائق النعمان) ، والأخيرة هى الوحيدة التى تركت سجلا حفريا جيدا .

طائفة الزهريات (أو الشعاعيات) Anthozoa :

وأفراد هذه الطائفة حيوانات بحرية تشمل شقائق النعمان والمرجان ، والثانى هو الأهم من الناحية الجيولوجية ، ويفرز المرجان الأحادى (أو القرنى) صدفة خارجية على شكل كأس أو مخروط (شكل ١٣٢ ـ ب) ، أما المرجان المركب أو الذى على شكل مستعمرات (شكل ١٣٢ ـ أ) فان أفرادا كثيرة تعيش معا فى مستعمرات مكونة من هياكل كثيرة العدد وملتصقة ببعضها ، والمرجان الذى يبنى مستعمرات هو من النوع المركب الذى كثيرا ما يكون كتلا جيرية ضخمة تسمى « الشعاب المرجانية » ، وهذه الحيوانات البانية للشعاب تعيش دائما فى بحار دافئة وصافية وضحلة نسبيا ، وبهذا تكون حفريات المرجانيات دلائل واضحة للمناخ القديم ، ومن غير المؤكد أن تكون المرجانيات قد عاشت فى عصر الكمبرى ، ولكن من الواضح أنها عاشت من الأوردوفيشى الى العصر الحديث ، وهى احدى المجموعات الحفرية المهمة ولا سيما لصخور الحقب القديم .

الديدان :

والمقصود بها هنا الديدان التى تكون مجموعة كبيرة من أعداد لا تحصى من الحيوانات التى تنتمى الى ثلاث قبائل : المفلطحات (الديدان المفلطحة) والديدان الخيطية (ديدان أسطوانية) والعجليات ، وبسبب عدم وجود أجزاء صلبة فقد تركت هذه الديدان حفريات نادرة ، ولكن هذا لم يكن حال الديدان الحلقية التى سوف نناقشها فى جزء تال .

قبيلة الحزازيات Bryozoa :

تنتشر هذه المستعمرات الحيوانية الصغيرة والتى تسمى عادة « حصير البحر » (أو « الحزازيات الحيوانية ») فى البحار الحديثة ، ويتميز الحيوان بدقة حجمه ، وهو يفرز صدفة خارجية تشبه الكأس مكونة من مواد كيتينية أو جيرية وقد تحفظ على شكل حفرية (شكل ١٣٣) ،

وتنتشر الحزازيات الجيوانية فى بعض تكوينات الحقب القديم ، وقد عاشت من الأوردوفيشى حتى العصر الحديث ، وهناك أجناس مشبكوك فى انتمائها عاشت فى الكمبرى ٠

قبيلة المسرجيات Brachiopoda :

وهى كائنات تشبه السراج (أى المصباح) ، وهى مجموعة بحرية كبيرة ، وللفرد الواحد صـــدفة مكونة من جزءين همـا « المصراعان » (شكل ١٣٤) ويتكونان من مادة جيرية أو فوسفاتية ويحتويان على الأجزاء اللينة من الحيوان ويحميانها أيضا ٠

ويكون الحيوان البالغ مثبتا فى قاع البحر بواسطة « العنق » وهو عود لحمى لين ، ويخرج العنق عادة من « فتحة العنق » وهى ثقب فى مصراع العنق (أو المصراع البطنى) ، أما المصراع الآخر فيسمى المصراع الضامر أو المصراع الظهرى ، وهو فى العادة أصغر من المصراع البطنى ، وقد قسمت هذه القبيلة لطائفتين : غير المعشقة والمعشقة ٠

طائفة المسرجيات غير المعشقة Inarticulata :

وهى أكثر بدائية وتاريخها الجيولوجى طويل (من الكمبرى حتى العصر الحديث) ، ومعظمها بيضاوى أو يشبه اللسان ولا يوجد به ثقب للعنق ، ويتماسك المصراعان عن طريق عضلات ولا توجد بهما أسنان مفصلية (بعكس المعشـقات) ويعتبر جنس لينجيولا (شـكل ١٣٥) نموذجا للمسرجيات غير المعشقة ٠

طائفة المسرجيات المعشقة Articulata :

أعضاء هذه الطائفة لها مفصل واضح ، وكل مصراع له أسنان ظاهرة تتعشق مع فجوات فى المصراع المقابل ، وللمعشقات أصداف جيرية أو فوسفاتية ، وهى غير متساوية فى الحجم وتتخذ أشكالا عديدة (شكل ١٣٦) ، وقد عاشت المعشقات من الكمبرى حتى العصر الحديث ، وانتشرت بوجه خاص فى الطبقات الغنية بالحفريات والمنتمية للحقب القديم ٠

قبيلة الرخويات Mollusca :

وهى مجموعة كبيرة من الكائنات تعيش فى الماء أو على الأرض ، وتضـــم الأشـــكال المعروفة مثل الحلزون والبزاقة والمحار والحبـار والأخطبوط ، ولمعظم الرخويات أصـداف جيرية تعمل كهيكل خارجى ، وهذه الأجزاء الصـــلبة مهيأة للحفظ كحفريات ، ولكن هناك رخويات

(كالبزاقة) ليس لها صدفة ، ورخويات أخرى (كالحبار أو السيبيا) لها صدفة داخلية ، وحفريات الرخويات منتشرة بشكل كبير بسبب كثرتها وتعدد أنواعها وكذا تاريخها الجيولوجى الطويل ٠

وقد قسمت قبيلة الرخويات الى خمس طوائف هى الامفينيورا (مثل الكيتون أو فار البحر) وزورقيات القدم (صدفة الناب) واسفينيات القدم (المحار) والبطنقدميات (الحلزون والبزاقة) والرأسقدميات (الحبار والأخطبوط والأمونيات المنقرضة) ، لكن ثلاث طوائف فقط هى الشائعة كحفريات وهى اسفينيات القدم والبطنقدميات والرأسقدميات ٠

طائفة اسفينيات القدم Pelecypoda :

للحيوان صدفة مكونة من مصراعين من مادة كربونات الكالسيوم (شكل ١٣٧) يحتويان على الأجزاء اللينة للحيوان ، ويعيش كل أفراد هذه الطائفة فى الماء (المالح أو العذب) ، ومعظمها بطىء الحركة يقيم على القاع مثل المحار وبعضها مثبت فى القاع مثل الأوستريا ، والبعض الآخر من النوع السابح مثل المحار المروحى الشكل ٠

وتتكون الصدفة النموذجية لاسفينيات القدم من مصراعين متساويين فى الحجم ومتشابهين فى الشكل يتصلان برباط قرنى مرن على طول الحافة الظهرية للصدفة (أى أعلاها) ، ولمعظم الأجناس أسنان وفجوات تقع على طول خط المفصل (٨٤) ، ويغطى الجزء الخارجى من الصدفة بغطاء قرنى يسمى «قشرة الصدفة» ، كما يبطن السطح الداخلى لكل مصراع بطبقة جيرية لها بريق خزفى أو لؤلؤى ، وبالرغم من أن الأصداف قد تأخذ أشكالا مختلفة فان معظمها شبيه بأصداف المحار العادى ، ويقع المنقار (الذى يمثل أقدم جزء فى الصدفة) على الجهة الأمامية (المقدمة) للصدفة ، وتعرف النهاية المواجهة بالجبهة الخلفية ، أما الحافة السفلية للصدفة عند مكان فتح المصراعين فتعرف بالحافة البطنية ، وكما ذكرنا سابقا فان الحافة الظهرية هى الجهة العليا التى يوجد عندها المفصل والرباط ٠

وتوجد تراكيب عديدة داخل كل مصراع مثل الأسنان والفجوات وآثار الأربطة العضلية وملامح أخرى تفيد فى وصف الصدفة ، كما يتميز السطح الخارجى لكثير من الأصداف بوجود خطوط متحدة المركز هى

---

(٨٤) تعرف المنطقة التى تقع فيها الأسنان والفجوات باسم « لوح الأسنان » (المعرب) ٠

خطوط النمو كما توجد عقد أو أشواك أو ضـــلوع أو علامات زخرفية أخرى ٠

وتنتشر حفريات هذه الطائفة على شكل قوالب داخلية أو خارجية محفوظة فى الصخر ، بالاضافة الى حفريات كثيرة مازالت تحتفظ بالصدفة الأصلية مع تغير بسيط ، وقد بدأ ظهور اسفينيات القدم فى الكمبرى وازدهرت منذ الحقب القديم الأعلى وحتى العصر الحديث ٠

طائفة البطنقدميات Gastropoda :

للبطنقدميـات النموذجية صـــدفة تتكون من مصراع واحد ملفوف حلزونيا وغير مقسم لغرف ، ولمعظم البطنقدميات خياشيم وتعيش فى المياه البحرية الضحلة وبعضها يعيش فى المياه العذبة ، كما توجد أنواع أخرى تعيش على اليابسة وتتنفس عن طريق رئات ٠

وتعيش البطنقدميـات منذ الكمبرى حتى الآن ، وتظهـر الأنـواع المتحفرة والحية تنويعات كثيرة فى الشكل والحجـم والزخرفة (شكل ١٣٩) ، وقد تكون الأصداف مفلطحة أو ملفوفة كالحلزون أو مخروطية أو أسطوانية أو مثل البرج ، وتعرف النهاية الحادة المغلقة من الصدفة باسم « القمة » وتسمى كل دورة فى الحلزون « لفة » (شكل ١٤٠) ، أما اللفة الكبرى والأخيرة فتسمى « لفة الجسم » ، وتنتهى بفتحة الصدفة ، ويتكون « الحلزون » من كل اللفات ما عدا لفة الجسم ، وتعرف الحافتان الداخلية والخارجية والمحيطتان بالفتحة باسم «الشفة الداخلية» و « الشفة الخارجية » على الترتيب ، وبعض الحلزونيات تقفل فتحة الصدفة بواسطة غطاء وهو لوح صغير من مادة قرنية أو جيرية ومتصل بقدم الحيوان ، وهذا اللوح يقوم بتغطية فتحة الصدفة باحكام عندما ينسحب الحيوان الى داخل الصدفة ٠

وقد حفظت أعداد كبيرة من البطنقدميات (وعلى الأخص بعض أجناس الحقبين الأوسط والقديم) على شكل قوالب داخلية أو خارجية ، وتتكون القوالب الداخلية بعـد موت الحيوان وتحلل الأجزاء اللينـة ، فتمتلىء الصدفة بالرسوبيات التى تتماسك فيما بعد ، فاذا ما أزيلت الصـدفة الأصلية عن طريق التجوية أو بفعل الاذابة يبقى القالب الداخلى ، ويسمى هذا النوع من القوالب « الخشو الصخرى » ومن الطبيعى أنه لا يظهر الصفات الخارجية الأصلية للصدفة ٠

طائفة الراسقدميات Cephalopoda :

هى رخويات بحرية ، ويتميز بعض أنواعها بوجود صدفة خارجية ،

والبعض الآخر له صدفة داخلية وأنواع أخرى بدون صدفة ، وقد تكون الصدفة مقسمة الى غرف أو صماء ، وجميعها حيوانات بحرية ومن آكلات اللحوم ولها حرية فى الحركة ، كما أن أجسامها على درجة كبيرة من التخصص ، والواقع أن الرأسقدميات هى أكثر الرخويات تقدما ، وهى تشمل الحبار والأخطبوط والنوتيات اللؤلؤية والأمونيات المنقرضة ، ويتراوح وجودها من الكمبرى الى العصر الحديث ، ولكنها ازدهرت فى البحار القديمة بالمقارنة الى انتشارها الحالى ، وتنقسم الطائفة الى ثلاثة تحت طوائف النوتيلويديا (تشمل النوتيات اللؤلؤية) والأمونويديا (الأمونيات المنقرضة) ، والكوليويديا (الأخطبوط والحبار) ، وقد كونت النوتيات ، والأمونيات مجموعات حفرية مهمة .

تحت طائفة نوتيلويديا Nautiloidea :

النوتيات هى رأسقدميات لها صدفة خارجية مقسمة الى حجرات بواسطة حواجز بسيطة لها حواف ناعمة (أى غير متعرجة) ، ويمثلها الآن جنس واحد هو « نوتيلوس » ، كما توجد أجناس كثيرة متحفرة .

وتتكون صدفة « نوتيلوس » من كربونات الكالسيوم ، وهى ملفوفة على شكل لولبى مبسط (شكل ١٤١) ، وينقسم التجويف الداخلى للصدفة الى حجرات متتالية بينها فواصل رقيقة تعرف باسم « الحواجز » ، ويعرف الخط الناتج من اتصال الحاجز بالسطح الداخلى للصدفة باسم « الدرز » ، ولا يمكن رؤية خطوط الدرز (شكل ١٤٢) الا اذا ازيلت الصدفة الخارجية ولكن يمكن رؤيتها على القوالب الداخلية لكثير من الرأسقدميات المتحفرة (ولها أهمية فى تقسيم النوتيات والأمونيات) ، وتتميز النوتيات بخطوط درز بسيطة ومتموجة بنعومة (شكل ١٤٢ ـ أ) لكن الأمونيات ذات دروز أكثر تعقيدا وتعرجا (شكل ١٤٢ ـ د) .

وبالرغم من أن صدفة نوتيلوس (وهو الجنس الوحيد الحى من النوتيات) ملفوفة ، فان كثيرا من الأجناس القديمة لم تكن أصدافها ملفوفة بل على شكل مخروط (شكل ١٤٣ ـ ٢) ، وقد وصل طول بعض أجناس الحقب القديم المبكر الى حوالى ٤٫٥ متر (انظر الفصل الثانى والعشرين) ، وقد وجدت أقدم النوتيات فى صخور الكمبرى الأسفل ، ولقد كانت النوتيات أكثر ازدهارا فى الحقب القديم عما هو الحال الآن .

تحت طائفة أمونويديا Ammonoidea :

هى رأسقدميات منقرضة تشبه النوتيات الا أن خط الدرز فيها

معقد ، وللأمونيات صدفة خارجية مقسمة ، وقد تكون هذه الصدفة مستقيمة (مخروطية) أو مقوسة أو ملتفة حلزونيا (شكل ١٤٣) ، وقد ظهرت الأمونيات لأول مرة فى الديفونى وازدهرت وتنوعت فى الحقب الأوسط ثم انقرضت فى نهاية الطباشيرى ٠

وقد تكون خط الدرز فى الأمونيات أحد أنماط ثلاثة : (١) « جونياتيتى Goniatitic » أى مموج وبه زوايا حادة (شكل ١٤٢ ـ ب) ، أو (٢) « سيراتيتى Ceratitic » أى مموج ومعرج وفى أجزاء منه شرشرة مثل الأسنان (شكل ١٤٢ ـ ج) ، أو (٣) « أمونيتى Ammonitic أى خط معرج جدا (شكل ١٤٢ ـ د) ، وقد عاشت الأنواع ذوات الدرز الأمونيتى من البنسيلفانى للطباشيرى وكانت أكثر الرأسقدميات انتشارا فى الحقب الأوسط ٠

تحت طائفة كوليويديا Coleoidea :

وهى رأسقدميات تحتوى على صدفة داخلية كما قد لا تحتوى على صدفة اطلاقا ، وتشمل الحبار والأخطبوط والبلمنايت المنقرض ، والنوع الأخير يبدو لنا كأنه حفرية لنوع من الحبارات التى نعرفها ، وبسبب شكله الخاص فقد سمى « حجر الاصبع » أو « السيجار المتحفز » وقد عاش البلمنايت من الميسيسيبى الى الطباشيرى ، وتعتبر أجناسه حفريات دليلية جيدة للجوراسى والطباشيرى ٠

قبيلة الحلقيات Annelida :

الديدان الحلقية هى ديدان مكونة من عقل (*) مثل دودة الأرض ، وتعيش أنواع منها فى البحار وأخرى فى المياه العذبة أو على الأرض ، ويبدو أنها كانت منتشرة خلال جزء كبير من الزمن الجيولوجى ، ولأنها لا تحتوى على أجزاء صلبة لذلك فقد تركت أدلة قليلة عن نشاطاتها فى التاريخ الجيولوجى ، وقد ترك بعضها أنابيب جيرية أو فكوكا أو أسنانا كيتينية تعرف باسم « سكوليكودونتس » أى « أسنان الديدان » ، بالاضافة الى بعض الأوكار والثقوب ٠

وقد وجدت بقايا متحفرة لديدان حلقية بصورة مؤكدة فى صخور الكمبرى حتى العصر الحديث ، كما وجدت فى صخور ما قبل الكمبرى آثار زحف وأوكار تشبه ما تتركه هذه الديدان ، أى أنه من المحتمل أنها عاشت فى وقت سابق للعصر الكمبرى ٠

(*) عقل : بضم العين وفتح القاف ، جمع (عقلة) ٠ (المعرب) ٠

قبيلة المفصليات Arthropoda :

هى احدى المجموعات المتطورة من اللافقاريات ، وهى معروفة من الكمبرى حتى العصر الحديث ، ونجد منها الآن سرطانات البحر والجمبرى والاستاكوزا والحشرات والعناكب ، وتختلف أنواع المفصليات كثيرا فى الشكل والحجم ، وهى من أكثر قبائل المملكة الحيوانية انتشارا ٠

وقد وفقت المفصليات نفسها للمعيشة فى الظروف المختلفة سواء على اليابسة أو فى الماء أو فى الهواء ، ورغم أهميتها الكبرى فى العصر الحديث ، الا أن مجموعات قليلة قد اكتسبت أهميـــة بالنسبة لعـالم الحفريات ، وسوف نناقش ثلاث مجمـــوعات هى : ثلاثى الفصـــوص والاستراكودا والعقارب المائية القديمة ٠

ثلاثى الفصوص او « الترايلوبيت Trilobites » :

وهو من طائفة تريلوبيتا وهى مفصليات بحرية منقرضـــة ، وقد اشتق اسمه من الفصوص الثلاثة المكونة لجسمه ، وللحيوان هيكل كيتينى خارجى ويتكون من فص وسطى أو محورى وفصين جانبيين (شـــكل ١٤٤ ــ أ) ، كما ينقسم الجســـم من المقدمة للمؤخرة الى ثلاثة أجزاء : الرأس والصدر (أو البطن) ثم المؤخرة (أو الذيل) ولبعض الأنواع ترتيب خاص لحزوز الصدر بحيث تســمح للحيوان بأن يلتف كالكرة (وقد وجدت حفريات كثيرة بهذا الوضع شكل ١٤٤ ــ ب) ، وقد عاشت ثلاثيات الفصوص من الكمبرى حتى البرمى وازدهرت فى جزء من الحقب القديم المبكر ٠

الأوستراكودا Ostracodes :

وهى مفصليات ضئيلة لها مصراعان وتنتمى لطائفة أوستراكودا ولتحت قبيلة القشريات (وهى نفس تحت القبيلة التى ينتمى اليهـــا سرطان البحر وجراد البحر والجمبرى والاستاكوزا) ، والاوستراكودا هى قشريات صغيرة مائية تشبه المحارات الصغيرة لدرجة كبيرة (شكل ١٤٥) لكن الحيوان الذى يسكن الصدفة له خصائص مفصليات الأرجل ، وتوجد حفريات الأوستراكودا من الأوردفيشى حتى العصر الحديث ، ولصغر حجمها فانها تعتبر ذات أهمية مثل باقى الحفريات الدقيقة ٠

العقارب المائية القديمة Eurypterids :

وهى مفصليـــات منقرضـــة تنتمى الى طائفة « ميروستوماتا » أو

« العناكب المائية » والتى تنتمى بدورها الى تحت قبيلة « ذوات الخطاطيف » (التى تنتمى اليها أيضا العقارب والعناكب والسوس والقراد و « ملك السرطان ») ، والعقارب المائية تشبه العقارب الأرضية ولكنها تعيش فى الماء ولها أطراف عريضة تشبه الأجنحة (شكل ١٤٦) ، ويعتقد أن بعضها كانت له غدة سمية وشوكة ، وبالرغم من أن انتشارها الحفرى محدود الا أن لها حفريات جيدة فى بعض تكوينات السيلورى والديفونى ، وقد عاشت من الأوردوفيشى المبكر حتى البرمى .

قبيلة الجلد شوكيات Echinodermata :

هى مجموعة كبيرة من الحيوانات البحرية ومعظمها له تماثل خماسى واضح ، والحيوان النموذجى من هذه القبيلة ذو تركيب معقد وصدفة مكونة من ألواح جيرية عديدة متصلة ببعضها بطريقة معقدة ومغطاة بجلد خارجى ، ولكثير من الجلد شوكيات شكل نجمى لكن بعضها يشبه القلب أو قرصا من البسكويت أو ثمرة نبات الخيار .

وقد عاشت الجلد شوكيات منذ الكمبرى حتى الآن ، ولها حفريات منتشرة فى الصخور الرسوبية البحرية فى كل الأعماق تقريبا ، وتنقسم القبيلة الى قسمين : تحت قبيلة « البلماتوزوا » (أى الجلد شوكيات الجالسة) وتحت قبيلة « الاليوثيروزوا » (الجلد شوكيات الهائمة) .

تحت قبيلة الجلد شوكيات الجالسة Pelmatozoa :

وهى جلد شوكيات مثبتة فى قاع البحر بواسطة ساق مكونة من عقل جيرية التركيب تشبه القرص ولها قابلية محدودة للحركة ، وقد ظهرت الجلد شوكيات الجالسة فى الكمبرى وتعيش حتى العصر الحديث ، وتنتشر بوجه خاص فى الحقب القديم ، ومن بين الطوائف العديدة التى تنقسم اليها تحت قبيلة « الجلد شوكيات الجالسة » سوف نناقش ثلاثة فقط هى طوائف الكيسيات والبرعميات والزنبقيات ، والطائفة الأخيرة هى التى لم تنقرض بعد .

طائفة الكيسيات Cystoidea :

وهى جلد شوكيات جالسة بدائية منقرضة ، وقد ازدهرت نسبيا فى الحقب القديم المبكر ، وتتميز بكاس كروية صغيرة أو على شكل كيس ، وهو يمثل الهيكل الخارجى للجسم ويتكون من ألواح جيرية عديدة بترتيب غير منتظم (شكل ١٤٧ ـ ب) ، وقد كان الحيوان مثبتا فى قاع

البحر بواسطة ساق قصيرة ، وقد عاشت الكيسيات من الكمبرى للديفونى وازدهرت خلال الأوردفيشى والسيلورى ٠

طائفة البرعميات Blastoidea :

هى جلد شوكيات جالسة منقرضة ذات ساق صغيرة وكاس متماثلة صغيرة الحجم تشبه البرعم ، ويقع الفم قرب مركز الكاس وهو محاط بخمس فتحـــات تسمى ثقوب التنفس ، وخمس مناطق أخدودية مثقبة تبـدأ من الفم وتتجه الى الخارج منه (شكل ١٤٧ ــ أ) ، وقد عاشت البرعميات من الأوردوفيشى حتى البرمى وازدهرت خلال عصر الميسيسبى ٠

طائفة الزنبقيات Crinoidea :

وتعرف أيضا باسم « زنابق البحر » بسبب منظرها الذي يشبه الزهرة ، وهى الجلد شوكيات الجالسة الوحيدة التى تعيش حتى الآن ، وتتكون كاس الزنبقيات من ألواح عديدة مرتبة بشكل متماثل ، ومعظم الزنبقيات لها ساق طويلة أو « جذع » (شكل ١٤٨) ، وبعض الزنابق تصبح سابحة عند مرحلة البلوغ ، ولكنها تكون مثبتة فى المرحلة المبكرة من نموها ٠

ولكل من الزنبقيات النموذجية كاس تشبه الفنجان وخمس مناطق أخدودية تشع للخارج بدءا من مركزه ، وتستخدم هذه المناطق كممرات لتوصيل الطعام الى الفم وتمتد للخارج خلال الأذرع العقلية ، وتتكون الساق من جذع مرن طويل نسبيا مكون من عقل من أقراص جيرية عديدة تسمى « الأعمدة » (شكل ١٤٩) ، ولكل عمود فتحة نجمية أو مستديرة عند مركزه ، وتنفصل الأعمدة عند موت الحيوان ، وتحتوى بعض الأحجار الجيرية من الحقب القديم على أعـداد كبيرة من الأعمدة ولذلك تسـمى « الأحجار الجيرية الزنبقية » ، ويرتبط جذع الزنبقة بقاع البحر عن طريق « الماسك » (وهو تكوين متفرع) فى الرسوبيات المحيطة ويعمل مثل هلب السفينة ٠

وتوجد الزنابق من الأورودوفيشى الى العصر الحديث ، وتكثر حفرياتها فى طبقات الحقب القديم ، ومعظم الزنابق التى تعيش فى العصر الحاضر لا ساق لها ، فهى أنواع سابحة تسمى « النجوم ذات الريش » ٠

تحت قبيلة الجلد شوكيات الهائمة Eleutherozoa :

وهى جلد شوكيات غير مثبتة لكنها تسبح قرب قاع البحر ، وتنقسم

الى ثلاث طوائف : النجميات (ومنهـــا نجم البحر و « النجم الهش ») والقنفذيات (مثل « ريال الرمل » (٨٥) والقنافذ البحرية) والخياريات (مثل خيار البحر) ، ومن كل هؤلاء فان حفريات القنفذيات هى الوحيدة التى تفيد الجيولوجى ٠

طائفة النجميات Stelleroidea :

هى جلد شوكيات تشبه النجوم لها حرية الحركة وتشمل نجوم البحر (شكل ١٥٠) والنجم الثعبانى أو « النجم الهش » ، وبالرغم من أنه لا توجد فى هذه المجموعة حفريات ذات فائدة خاصة فان هذه المجموعة عاشت زمنا طويلا (من الأوردوفيشى حتى الآن) ٠

طائفة القنفذيات Echinoidea :

هى جلد شوكيات غير مثبتة تتكون صدفتها الخارجيـة من الواح جيرية عديدة وأشواك ، وهى لا تمتلك تلك الأجزاء الممتدة التى تشبه الأذرع والتى تميز النجميات ، لكن لها أجساما تشبه القرص أو القلب أو « البسكويتة » المستديرة أو أجساما كروية (شكل ١٥١) ، أما الأنواع الحديثة فتشمل الأشكال التى تسمى « ريال الرمل » و « القنفذ القلبى » وقنفذ البحر ٠

وتتكون الصدفة الخارجية للقنفذ البحرى من ألواح كثيرة تتشابك باحكام وتحتوى على الأجزاء اللينة بداخلها وتقوم بحمايتها ، ويتغطى السطح الخارجى للصدفة بعدد كبير من الأشواك وهذه الأشواك مختلفة الحجم ، وتستخدم فى المساعدة على الحركة وتعمل كدعامة للصدفة كما أنها وسيلة دفاعية للحيوان ٠

وقد عاشت القنافذ من الأوردوفيشى للعصر الحديث وانتشرت فى الحقب الأوسط وازدهرت بوجه خاص فى العصر الطباشيرى ٠

طائفة الخياريات Holothuroidea :

يتميز خيار البحر بجسم طويل نوعا يشبه الكيس ويتخذ شـكل ثمرة الخيار ، وباستثناء القضبان أو الألواح الجيرية الصغيرة والتى تسمى « العظام الصغيرة » أو « العظيمات » فان الخيارات لا تحتوى على أجزاء

---

(٨٥) قنفذ مفلطح فى حجم « الزيال » أو الدولار الفضى الامريكى ـ (المغرب) ٠

صلبة أخرى ولهذا فانها تتحفر نادرا ، وقد وجدت عظيمات لهذه الكائنات منذ عصر الميسيسيبى كما أن لدى البعض انطباعا بأن كائنات تشبه الخياريات كانت لها آثار فى صخور الكمبرى الأوسط فى كندا ، وتوجد الخياريات فى العصر الحديث ولكنها غير منتشرة :

قبيلة الحبليات Chordata :

لأفراد هذه القبيلة جهاز عصبى متطور وجسيم مدعم بحبل ظهرى (أو عمود شوكى) من العظام أو الغضاريف ، ولا نجد فى تحت القبائل الثابتة للحبليات الا اثنين فقط لهما أهمية حفرية وهما تحت قبيلة الحبليات السفلى (التى تشمل الجرابتوليت المنقرض) وتحت قبيلة الفقاريات (التى تشمل كل الحيوانات التى لها عظام ظهرية) .

تحت قبيلة الحبليات السفلى Hemichordata :

وهذه المجموعة ليس لها عظام ظهرية حقيقية ولكنها تتميز بوجود حبل ظهرى واضح يمتد بطول الجسم ، والطائفة الوحيدة التى لها أهمية حفرية هى طائفة « جرابتوليثينا » .

طائفة جرابتوليثينا (٨٦) Graptolithina :

هى مجموعة من الحيوانات المنقرضة التى كانت تبنى مستعمرات وانتشرت على نحو كبير خلال الحقب القديم المبكر ، وتميزت بوجود هيكل خارجى كيتينى مكون من صفوف من الكؤوس أو الأنابيب التى كانت مسكنا للحيوان ، وهذه الكؤوس نمت على طول جذوع مفردة أو متفرعة (شكل ١٥٢) ، وكانت هذه الجذوع ملتصقة بصخور أو أعشاب بحرية أو أى أجسام غريبة أخرى ، كما التصقت بعض أجناس الجرابتوليت بأجسام عائمة وبذلك أصبح لها توزيع جغرافى متسع .

ويوجد شك كبير فى وضع هذه الحيوانات فى تقسيم المملكة الحيوانية ، فقد اعتبرها العلماء فى تقسيمات قديمة ضمن طوائف الهيدريات أو الفنجاليات أو كطائفة مستقلة (الجرابتوزوا) داخل قبيلة الجوفمعويات ، كما اعتبرها علماء آخرون ضمن قبيلة الحزازيات ، لكن الأبحاث الحديثة تفترض أن الجرابتوليت هى مجموعة ضمن الحبليات المنقرضة .

---

(٨٦) سميت كذلك لأن حفرياتها تشبه الكتابة على الصخر ، اذ أن « جرابتو » تعنى كتابة و« ليث » بمعنى صخر ـ (المعرب) .

وقد وجدت حفريات الجرابتوليت فى صخور تتراوح من الكمبرى حتى الميسيسيبى ، وهى ذات فائدة خاصة كحفريات دليلية فى بعض تكوينات الطفلة الصفحية السوداء والتى تنتمى للأوردوفيشى والسيلورى ، وفيها تظهر الجرابتوليت كبقايا كربونية مسطحة .

تحت قبيلة الفقاريات Vertebrata :

وهى أكثر الحبليات تقدما ، وتتميز بوجود جمجمة وهيكل داخلى من العظم أو الغضروف وعمود فقارى (من العظم أو الغضروف أيضا) ، وتنقسم تحت القبيلة الى فوق طائفتين : الأسماك وذوات الأربع (والأخيرة تشمل الثعابين التى تمتلك أطرافا أثرية) .

وبالرغم من أن الجيولوجى يستخدم الحفريات اللافقارية فى معظم عمليات المضاهاة الحفرية فان بقايا الفقاريات قد أمدت العلماء بمعلومات مهمة فى علم الحفريات كانوا فى حاجة اليها ، كما أن بعض الحفريات غير العادية مثل بقايا الدينوصورات والأسماك الضخمة والماموث والنمور ذات الأسنان السيفية وفقاريات أخرى غريبة كانت من أكثر الحفريات المعروفة اثارة للاهتمام والخيال .

فوق طائفة الأسماك Pisces :

هى أبسط الفقاريات ، وهى تعيش فى الماء وتتحرك بحرية كما أنها ذات دم بارد (أى أن للدم نفس درجة حرارة الوسط الذى يحيط بالحيوان) ، وتتنفس معظم الأجناس عن طريق الخياشيم (وذلك باستثناء الأسماك الرئوية الشاذة فى أستراليا وأفريقيا والتى تتنفس عن طريق رئة بدائية تطورت من المثانة الهوائية) ، وقد أمكن التعرف على أربع طوائف فى التقسيمات الحديثة وهى كالآتى :

طائفة عديمات الفك Agnatha :

وكما هو واضح من اسمها فهى أسماك لا فكية بدائية يمثلها الآن « الجلكي » (٨٧) ، وأقدم عديمات الفك هى مجموعة « قوقعيات الجلد » التى ظهرت لأول مرة فى نهاية الديفونى ، وكان لها درع عظمى حول الجزء الأمامى من الجسم ، ويعتقد أنها كانت أقدم الفقاريات .

---

(٨٧) الجلكى يشبه ثعبان السمك وله هيكل عظمى اثرى ويلتصق بالأسماك ويتغذى عليها ـ (المعرب) .

طائفة صفيحيات الجلد Placodermi :

هى أسماك بدائية لها فك وكان معظمها مغطى بدرع ثقيل (٨٨) ، وكانت تشبه القروش فى المظهر ، وتضخم بعضها حتى وصل الى ٩ أمتار طولا ، وقد ظهرت أفراد هذه الطائفة فى السيلورى وانقرضت فى نهاية البرمى .

طائفة الأسماك الغضروفية Chondrichthyes :

يتميز أفراد هذه الطائفة بوجود هيكل غضروفى ، وتشمل القرش والقوبعة (حذاة البحر) والزاية ، وقد بدأ ظهورها فى الديفونى وما زالت منتشرة للآن ، وقد وجدت أسنان متحفرة للقروش (شكل ١٥٣) فى بعض تكوينات الحقبين الأوسط والحديث .

طائفة الأسماك العظمية Osteichthyes :

وهى الأسماك العظمية الحقيقية وهى أكثر تطورا وانتشارا ، ولها فكوك جيدة وهيكل عظمى داخلى ومثانة هوائية ، وعادة ما تغطى الجسم قشور متراكبة ، وتنتشر حفريات الأسماك العظمية على هيئة أسنان أو عظام أو قشور وأحيانا هياكل عظمية كاملة ، وقد بدأت هذه الطائفة فى الديفونى الأوسط وهى مستمرة حتى العصر الحديث .

الكونودونت Conodonts :

هى حفريات تشبه الأسنان ولها لون الكهرمان (شكل ١٥٤) ويعتقد أنها الأجزاء الصلبة المتبقية من نوع ما من الأسماك المنقرضة ، وبالرغم من أن علماء الحفريات ما زالوا غير متأكدين من نوع الحيوانات التى تمثلها هذه الحفريات الغريبة الا أن حجمها الصغير وانتشارها الطبقى المحدود يجعل لها فائدة كبيرة كحفريات دقيقة .

فوق طائفة ذوات الأربع Tetrapoda :

هى أرقى مجموعة من قبيلة الحبليات ، وتتصف بوجود رئتين وقلب مقسم الى ثلاث أو أربع غرف وزوجين من الأطراف ، وتشمل أربع طوائف هى البرمائيات (مثل الضفادع والعلاجم والسمندر) والزواحف

---

(٨٨) كان الدرع مؤلفا من صفحات كلسية ثقيلة ، وقد تميزت أفراد احدى الرتب بتحريك الرأس والفك الأعلى وثبات الفك الأسفل ـ (المغرب) .

(كالسحالى والثعابين والسلاحف) والطيور وأخيرا الثدييات (مثل الانسان والكلب والخفاش والحوت) ٠

طائفة البرمائيات Amphibia :

وتمثلها الضفادع المعروفة والضفادع البرية (العلاجم) والسمندر ، وهى حيوانات ذات دم بارد وتتنفس أساسا بواسطة رئات وتقضى معظم حياتها على اليابسة ، ولكنها تعيش فى الماء خلال الأطوار الأولى من نشأتها وحينئذ تتنفس بالخياشيم ٠

والبرمائيـــات هى أقدم ذوات الأربع ، وقد ظهـرت في الديفونى وانتشرت نسبيا فى البنسيلفانى والبرمى والترياسى (شكل ١٥٥ ـ أ)٠

طائفة الزواحف Reptilia :

تطورت الزواحف من البرمائيات وكيفت نفسها لكى تحيا دائما على اليابسة ولم تكن تحتاج الى الاعتماد على البيئة المائية ، وهى من ذوات الدم البارد ، وجلدها الخارجى مغطى بحراشيف ، وقد كانت الزواحف أكثر انتشارا فى الماضى عما هى عليه اليوم ، كما اتخذت أحجاما وأشكالا مختلفة خلال التاريخ الجيولوجى ، وقد أوردت التقسيمات الحديثة عددا كبيرا من مجموعات الزواحف ، وسوف نناقش باختصـــــار أهم هذه المجموعات ٠

الزواحف الفنجالية (٨٩) Cotylosaurs :

وهى زواحف بدائية وقد احتفظت ببعض صفات البرمائيات ، وقد كيفت نفسها للمعيشة الدائمة على اليابسة ، وقد عاشت فى البنسيلفانى والبرمى ويبدو أنها انقرضت فى الترياسى ٠

السلاحف البرية والبحرية Turtles and Tortoises :

تتغلف أجسام هذه الزواحف بالواح عظمية بطريقة شبه كاملة ، وقد ظهرت هذه الكائنات منذ العصر الثلاثى المتأخر وتعيش حتى الآن ، وهناك دلائل غير مؤكدة على وجود زواحف تشبه السلاحف البحرية فى البرمى المتأخر ، ويصل طول بعض السلاحف البرية الحديثة من ٩٠ الى ١٢٠ سنتيمترا ، وبعض السلاحف البحرية من العصر الطباشيرى الى ٣٦٠ سنتيمترا ٠

---

(٨٩) سميت كذلك لأن كل حلقة من العمود الفقرى كانت تشبه الكأس أو « الفنجان » ـ (المعرب) ٠

الزواحف ذات الزعانف الظهرية Pelicosaurs :

هى مجموعة من الزواحف عاشت فى الحقب القديم المتأخر ، وتميزت بوجـــود زعنفـة تشـــبه الشراع على ظهـرها (شـــكل ١٥٥ ــ ب) وقد كانت تعمل على تبريد الجسم فى الجو الحار ، مثـــل « راديـاتير » الســـيارة ٠

الثيرابسيدا Therapsids :

هى مجموعة من الزواحف تشبه الثدييات كانت مكيفة للعيش على الأرض ، وبالرغم من أن هذه المجموعة لا تشكل أهمية كبيرة كحفريات فان دراسة بقاياها قد أمدتنا بمعلومات كثيرة عن أصل الثدييات ، وقد عاشت من البرمى الأوسط للجوراسى الأوسط ٠

الحرذون السمكى Ichthyosaurs :

وهو نوع من السحالى قصيرة الرقبة تشبه الأسماك وقد عاشت فى البحار القديمة (شكل ١٦٧ ــ أ) لها شبه بالدولفين الحديث ، وقد وصل طول بعضها من ٧ر٥ الى ٩ أمتار ٠ وان كان متوسط طولها أقل من ذلك بكثير ، وقد ظهر الحرذون السمكى لأول مرة فى الترياسى الأوســـط وانقرض فى نهاية الطباشيرى ٠

الموزاساوروس (٩٠) Mosasaurs :

وينتمى الى مجموعة أخرى من السحالى البحرية المنقرضة وصل طوله الى ١٥ مترا ، ويبدو أنه كان من الضوارى المتوحشة كما تدل عليه فكوكه الكبيرة والمليئة بالأسنان المفلجة (أى التى بينها فجوات) ، وقد عاش هذا الزاحف العملاق خلال عصر الطباشـيرى فقط وانقرض فى نهايته (شكل ١٦٧ ــ ب) ٠

البليزيوساوروس Plesiosaurs :

زاحف بحرى تميز بجسم عريض يشبه جسم السلحفاة المائية وله زعانف تشبه المجداف ورقبة وذيل طويلان (شكل ١٦٧ ــ ج) ، وبالرغم من أن هذه الزواحف لم تكن ذات جسم انسيابى أو مهيئة للسباحـة (بعكس الحرذون السمكى والموزاساوروس) فان رقابها الطويلة الثعبانية كانت مفيدة تماما فى صيد الأسماك والحيوانات الأخرى والتغذى عليها ،

---

(٩٠) يطلق لفظ « ساوروس » على الأنواع المنقرضة من السحالى بوجـه خاص والزواحف بوجه عام ــ (المعرب) ٠

وقد وجدت بقايا هذه الزواحف ابتداء من الترياسى الأوسط وحتى الطباشيرى الأعلى ٠

الزاحف النباتى Phytosaurs :

ويمثل مجموعة من الزواحف تشبه التماسيح ويتراوح طول جسمه من مترين الى ستة أمتار ، وبالرغم من أوجه الشبه مع التماسيح فى الشكل وأسلوب الحياة الا أن هذا الشبه سطحى فقط لأنهما مختلفان تماما ، وقد عاش الزاحف النباتى فى الترياسى فقط ٠

التمساح العادى والتمساح الأمريكى Crocodile and alligator :

هذان الزاحفان الموجودان حتى الآن قد حدث لهما تكيف لنفس نمط معيشة الزاحف النباتى الذى سبقهما ، وقد زاد طول هذين الزاحفين كما زاد انتشارهما خلال الطباشيرى والحقب الحديث عما هو الحال عليه الآن ، وقد ظهرت التماسيح العادية لأول مرة فى الطباشيرى أما النوع الأمريكى فقد ظهر منذ الثلاثى ٠

الزواحف الطائرة Pterosaurs :

هى زواحف من الحقب الأوسط لها أجنحة مثل أجنحة الخفافيش ، وهذه الأجنحة مدعمة بأذرع وأصابع طويلة ونحيلة (شكل ١٦٥) ، وقد تكيفت هذه الزواحف للمعيشة فى الهواء ، كما مكنتها أجسامها الخفيفة وأجنحتها العريضة المغطاة بالجلد من أن تحلق فى الجو وتنزلق فيه لمسافات طويلة ، وقد وجد أول زاحف طائر فى الجوراسى الأسفل وانقرضت المجموعة فى نهاية الطباشيرى ، وخلال العصر الأخير وجدت أنواع وصل امتداد جناحيها الى ١٥ مترا لكن أجسامها كانت صغيرة وخفيفة ٠

الديناصورات Dinosaurs :

أطلق هذا الاسم الشامل (والذى معناه « السحالى المرعبة ») على هذه المجموعة الشاذة من الزواحف التى سادت على أنواع الحياة الأخرى فى الحقب الأوسط ولمدة حوالى ١٦٥ مليون عام ، وقد تراوح طولها من أمتار قليلة حتى ٢٥ مترا كما تراوح وزنها من عدة كيلو جرامات الى ما قد يصل الى ٤٥ طنا ، وكان بعضها من آكلات اللحوم الا أن معظمها كان يتغذى على النباتات ، وكانت بعض الأجناس تمشى على رجليها الخلفيتين وكانت

أجناس أخرى تمشى على أربع ، وبالرغم من أن معظم الدينوصورات قد عاشت على اليابسة فان أنواعا أخرى كانت تعيش فى الماء ، أو فى الماء وعلى اليابسة معا ٠

وبناء على تركيب عظمة الفخذ فقد أمكن تقسيم الدينوصورات الى مجموعتين : شبيهات السحالى (أى لها حزام حوضى يشبه حزام السحلية) ، وشبيهات الطيور (أى لها حزام حوضى شبيه بما فى الطيور) ٠

الدينوصورات شبيهة السحالى :

هى دينوصورات كانت منتشرة بوجه خاص خلال الجوراسى ، وكانت عظام الفخذ فيها شبيهة بما فى السحالى الحديثة ، وقد ظهرت لأول مرة فى صخور الترياسى وبقيت حتى نهاية الطباشيرى ، وقد قسمت هذه الرتبة الى تحت رتبتين أكثر تخصصا وهما « الثيروبودا » (دينوصورات آكلات لحوم تمشى على القدمين الخلفيتين ولها أحجام مختلفة) والثانية هى « الساوروبودا » (دينوصورات آكلات حشائش تمشى على أربع تعيش نصف حياتها فى الماء ومعظمها ضخم الجسم) ٠

الثيروبودا :

وهى دينوصورات شبيهة السحالى كانت تمشى على أطرافها الخلفية كما تفعل الطيور ، وكانت جميعها آكلات لحوم ، وكان بعضها كبيرا ، ومن المؤكد أنها كانت ضوارى متوحشة ، ويأتى هذا الافتراض من بعض الصفات مثل صغر الأطراف الأمامية التى لها مخالب طويلة لامساك الفرائس وتمزيقها ووجود فكوك قوية مزودة بأسنان كثيرة حادة ، وأكبر الأجناس المعروفة من هذه المجموعة هو « تيرانوساوروس ريكس » الذى يبلغ طوله وهو واقف على رجليه الخلفيتين حوالى ستة أمتار (شكل ١٥٧) وقد وصل طول بعض أفراده الى ١٥ مترا ، ويعتقد أن التيرانوساوروس (أى الزاحف الطاغية) هو أكثر الحيوانات التى ظهرت على الأرض توحشا وطغيانا ٠

الساوروبودا :

وهى أكبر الدينوصورات حجما ، وقد وصل طول بعضها الى ٢٥ مترا وربما وصل وزنها الى ٤٠ أو ٥٠ طنا (انظر البرونتوساوروس شكل ١٥٨ ــ أ) ، وهى من آكلات الحشائش وقد كيفت نفسها للمعيشة الدائمة (أو نصف الدائمة) فى الماء وربما تكون قد عاشت فى البحيرات أو الأنهار أو المستنقعات ٠

الدينوصورات شبيهة الطيور :

ولها أفخاذ الطيور ، وكانت زواحف آكلة حشائش ، واختلفت كثيرا فى الشكل والحجم ، ويبـدو أنها كانت متطورة كثيرا عن شبيهة السحالى ، وتنتمى لهذه الرتبة الدينوصورات الشبيهة بمنقار البط أو خلد الماء (تحت رتبـة أورنيثوبودا) والدينوصورات حاملة الألواح (تحت رتبـة ستيجوسـوريا) والدينوصـورات المدرعة (تحت رتبـة انكيلوسوريا) والدينوصورات ذات القرون (تحت رتبة سيراتوبسيا) .

شبيهة خلد الماء :

هى دينوصـورات شاذة كانت تمشى على الأرجل الخلفية ونصف حياتها فى الماء (مثل تراكودون أو شبيه خلد الماء) وكانت عالية التخصص (شكل ١٥٨ ـ ب) .

حاملة الألواح :

وهى دينوصورات من آكلة الحشائش وتمشى على أربع ولها ألواح بارزة كبيرة على طول الظهر وكذا أشواك كبيرة مسننة على الذيل ، ومنها جنس ستيجوساوروس الذى عاش فى الجوراسى وهو نموذج لهذه المجموعة (شكل ١٥٩) ، وقد وصل وزنه الى ١٠ أطنان وطوله الى ٩ أمتار وارتفاعه عند الفخذين ٣ أمتار ، وقد تميز هذا الحيوان بوجود صف مزدوج من ألواح ثقيلة مسننة على طول ظهره تبدأ من خلف الظهر وتنتهى قرب الذيل ، كما كان الذيل مزودا بأربعة أشواك (أو أكثر) طويلة مقوسة وربما كانت تستخدم كوسيلة للدفاع ، وكان للحيوان جمجمة صغيرة جدا تحتوى على مخ لا يزيد حجمه عن ثمرة الجوز (أو بيضة الدجاجة) ، ويبدو أن هذا النوع (وباقى الدينوصورات) كان محدود الذكاء .

الدينوصورات المدرعة :

كانت تمشى على أربع وهى آكلة نباتات وقد عاشت فى الطباشيرى ولها أجسام مفلطحة نسبيا ، وكان لها درع يحمى الرأس والظهر ، وذيل شبيه بالهراوة ومزود بأشواك ، ومنها جنس انكيلوساوروس (شـكل ١٥٨ ـ ج) الذى كان له أشواك تبرز من جوانب الجسم والذيل ، ومن المحتمل أن الدرع المزود بأشواك وذيله الشبيه بالهراوة الثقيلة قد عملا كوسائل دفاع ضد الدينوصورات آكلات اللحوم التى كانت منتشرة فى عصر الطباشيرى .

ذوات القرون :

عاشت فى الطباشيرى وهى من آكلات الحشائش وكانت لها فكوك تشبه المنقار وطوق عظمى حـول الرقبة كان يمتد من الرأس فى اتجاه الخلف ، وقرن واحد أو أكثر ، وأشهر الأجناس هو « ترايسيراتوبس » أى ثلاثى القرون (شكل ١٥٨ ـ د) وهو أكبر الدينوصورات المقرنة وقد وصل طول بعض أنواعه الى ٩ أمتار وطول الجمجمة الى ٢ر٥ متر ابتداء من طرف الفك (الذى يشبه منقار الببغاء) الى خلف ترس الرقبة ٠

طائفة الطيور :

نادرا ما نجد حفريات للطيور بسبب طبيعة عظامها الهشة ، ومع ذلك فقد وجد الباحثون بعض حفريات الطيور المهمة وأعطوا وصفا لها ٠

أما أقدم طائر أمكن اكتشافه فقد وجدوه فى صخور الجوراسى المتأخر فى ألمانيـا وقد أسـموه « أركيوبتيريكس » ، وهذا الطائر البدائى أرقى قليلا من الزواحف وله ريش ولا يزيد عن حجم الحمامة ، وله ذيل شبيه بذيل السحلية ومنقار به أسنان وكذا صفات أخرى أخذها من الزواحف ٠

وفى الطباشيرى حدثت للطيور تغيرات كثيرة ، وقد تطورت معظم الأنواع التى نراها الآن منذ نهاية العصر الثلاثى وفى الرباعى ٠

طائفة الثدييات :

هى مجموعة من الحيوانات التى تخرج للحياة على شكل كائن حى (وليس بيضة) يتغذى على لبن يفرزه صدر الأم ، وهى ذات دم دافىء وتتنفس الهواء ويتغطى جسمها بالشعر الذى يحميه ، وهى أكثر الفقاريات تقدما ، وهذه الصفات هى الملامح الغالبة للثدييات النموذجية مع بعض الاستثناءات فى أنواع خاصة ٠

وقد ظهرت الثدييـات لأول مرة فى الترياسى ، ومن المحتمل أنها تطورت من زواحف شبيهة بالثدييات ، وكانت الثدييات نادرة فى الحقب الأوسط ولكن حدث لها نمو وازدهار سريعان خلال الحقب الحديث ، ففى خلال هذا الحقب تضخمت أنواع من الثدييات واتخذت أشكالا غريبة ، لكن معظم هذه الثدييات الغريبة قضى عليهـا بالانقراض المبكر ، لكننا عرفناها من الحفريات التى تركتها (٩١) ٠

---

(٩١) وجدت حفريات لكثير من الثدييات القديمة لاسيما الضخمة فى منطقة الفيوم جنوب غرب القاهرة ـ (المعرب) ٠

ويشتمل التقسيم الحديث للثدييات على عدة تحت طوائف وكثير من الرتب وتحت الرتب ، لكن ذلك لا يمكن شرحه بالتفصيل فى مثل هذا الكتاب ولذا سنكتفى بوصف مختصر ، وسنورد وصفا لتحت طائفتين فقط وبعض الرتب المهمة التى تنشق عنها ، وهما تحت طائفة اللوثيريا (اللامشيمية) وتشمل مجموعة من الثدييات البدائية المبكرة ، وتحت طائفة ثيريا (المشيمية) وهى ثدييات نشأت فى مرحلة متقدمة من التطور .

تحت طائفة اللوثيريا Allotheria :

ظهرت لأول مرة فى الجوراسى وتطورت كثيرا فى الطباشيرى المتأخر والثلاثى المبكر ، وتشمل « عديدة الدرنات » وهى مجموعة من الحيوانات الصغيرة التى تشبه القوارض التى يعتقد بأنها أقدم الثدييات آكلات النباتات ، ويبدو أن هذه المجموعة لم تكن كثيرة العدد وقد انقرضت فى الأيوسين المبكر .

تحت طائفة ثيريا Theria :

وجدت حفرياتها لأول مرة فى صخور الجوراسى ، وهى تشمل أكبر مجموعة من الثدييات التى ما زالت تعيش حتى الآن ، وينمو الجنين نموا كاملا قبل ولادته ، وعند ولادته يكون شبيها بأبويه ، وتنقسم الطائفة لعدة رتب أهمها ما يلى :

رتبة عديمة الأسنان (أو الدرداوات) :

وهى رتبة بدائية بدرجة ما ، ويمثلها الآن « الأرماديللو » أو المدرع والكسلان الشجرى وآكل النمل ، وقد كانت حيوانات هذه الرتبة منتشرة فى جنوب الولايات المتحدة خلال البليوسين والبليستوسين ، وحفرياتها على درجة ما من الانتشار فى صخور الحقب الحديث ، وأحد الأجناس المنقرضة هو الميلودون (شكل ١٦٠) أو كسلان الأرض العملاق ، وقد كان هذا الحيوان ثقيل الوزن وقد وصل ارتفاعه من الأرض وهو واقف أربعة أمتار ونصف ، وهذا المخلوق الضخم هو السلف لكسلان الشجر الحديث فى أمريكا الجنوبية .

وتمثل هذه الرتبة أيضا مجموعة الجليبتودونت ، وقد كانت هذه الثدييات الغريبة (التى تمثل أسلاف الأرماديللو الحالى) معاصرة تقريبا لكسلان الأرض (أو الميلودون) ، ومن أمثلة هذه المجموعة جنس الجليبتودون الذى عاش فى البليستوسين ، وقد كانت لهذه الحيوانات

الشبيهة بالأرماديللو قوقعة صلبة تشبه قوقعة السلحفاة وصل ارتفاعها أحيانا الى ١٢٠ سنتيمترا ، وفى الأفراد كبيرة الحجم كانت المسافة من مقدمة الرأس (التي كانت تغطيها قوقعة عظمية أيضا) الى طرف الذيل تصل الى ٤٫٥ متر وكانت تحيط بذيله الثقيل السميك حلقات عظمية متتالية ، وفى بعض الأنواع كان الذيل ينتهى بهراوة عظمية ذات أشواك ثقيلة .

رتبة آكلات اللحوم :

تتميز هذه الرتبة بأرجل ذات مخالب وأسنان لتمزيق اللحم ومضغه ، ومنها مجموعة قديمة من الحيوانات تسمى « الكريودونت » التى بدأ ظهورها فى الباليوسين وانقرضت بعد فترة وجيزة (فى نهاية الايوسين) ، وقد تراوح حجم أجناسها من ابن عرس حتى حجم الدب الكبير وكانت ذات مخالب حادة وكبيرة .

وبعد هذه المجموعة جاءت مجموعة أخرى أكثر تخصصا كما أنها تطورت خلال الحقب الحديث ، ومن أمثلتها أحد القططة ذات الأسنان السيفية والتى تسمى « سميلودون » (شكل ١٦١) والذئب المرعب « كانيس ديروس » (شكل ١٧٣) .

رتبة بانتودونتا (أو مبهمة الأرجل) :

من آكلات النباتات البدائية ولها خف وأظافر (كالأظلاف) ، وكان لها هيكل عظمى ثقيل وأطراف سميكة وقصيرة وأقدام بأصابع ثالمة ، وقد ظهرت لأول مرة فى الباليوسين وانقرضت فى نهاية الأوليجوسين .

رتبة دينوسيراتا (أو ذوات القرون المرعبة) :

وهى مجموعة منقرضة من ثدييات عملاقة تسمى « وينتاثير » ومنها حيوان « وينتاثيريوم » وهو نموذج لكل المجموعة ، وكانت له ثلاثة أزواج من القرون الثالمة وللذكر منها نابان علويان ولهما حدة الخنجر ، وقد وصل حجم بعض أجناس الوينتاثير الى ما يقرب من الفيل الصغير ، ووصل ارتفاعها عند الأكتاف الى مترين تقريبا (شكل ١٧٠ ـ أ) وتبين نسبة حجم المخ الى الجسم أن هذه المجموعة كانت أقل ذكاء من معظم الثدييات ، وقد وجدت حفريات الوينتاثير فى صخور الباليوسين والأيوسين .

رتبة ذوات الخرطوم :

واليها تنتمى الأفيال وشبيهاتها ، وقد وجدت أقدم حفريات لها فى صخور الايوسين الأعلى فى أفريقيا (٩٢) ، وقد بلغ حجم هذه الكائنات القديمة مثل حجم الفيل الحديث الصغير لكن رؤوسها كانت أكبر وخراطيمها كانت أقصر ، وقد تميز تطور هذه المجموعة بزيادة فى حجم الحيوان وتغير فى تركيب الجمجمة والأسنان مع زيادة فى طول الخرطوم ، وهناك جنسان شهيران فى حفريات ذوات الخرطوم هما « الماموث » و « الماستودون » وقد عاش كل منهما فى شمال أمريكا وأجزاء أخرى من الأرض (٩٣) خلال فترة البليستوسين ، ويشبه الماستودون الفيل لكن شكل أسنانهما مختلف تماما ، كما أن جمجمة الماستودون كانت أخفض من جمجمة الفيل أما النابان فقد كانا كبيرين جدا ووصل طولهما أحيانا الى أكثر من مترين ونصف .

وقد كانت هناك أنواع مختلفة من الماموث وأشهرها هو الماموث ذو الفراء الذى عاش الى نهاية فترة البليستوسين ، وقد عرف (مثل الخرتيت ذو الفراء الذى سيرد فيما بعد) من رسومات الكهوف القديمة ومن البقايا المتجمدة فى الجليد ، وتدل المعلومات من هذين المصدرين أن هذا الحيوان الضخم كان ذا فراء سميك من الشعر الأسود وتحته فراء آخر من الصوف (شكل ١٦٢ ـ ب) .

رتبة فردية الحافر :

وهى ثدييات تضخمت فيها الاصبع الوسطى من كل قدم ، ومنها ما نراه الآن مثل الحصان والخرتيت والتابير ، أما المجموعات المنقرضة فتشمل الثيتانوثير والكاليكوثير والبالوشيثير والتى نمت حتى صار حجمها شديد الضخامة وتميزت بغرابة أشكالها .

الحصان :

كان « الهيراكوثيريوم » (ويسمى أيضا « ايوهيبوس ») واحدا من أوائل رتبة فردية الحافر ، وكان صغيرا لا يزيد ارتفاعه عن ٣٠ سنتيمترا وشكل أسنانه يدل على غذاء من النوع اللين ، وتلا ذلك « الحصان الأول » مجموعة كبيرة من حفريات الأحصنة التى تعطى معلومات مهمة جدا فى تاريخ هذه المجموعة من الحيوانات .

---

(٩٢) المقصود هو منطقة الفيوم ـ (المعرب) .

(٩٣) المقصود هو شمال سيبيريا فى آسيا (المعرب) .

التيتانوثير :

ظهرت هـذه المجموعة من الثدييـات فردية الحافر لأول مرة في الايوسـين وكانت في ذلك الوقت في حجم الشـاة ، وفي منتصف الأوليجوسين وصلت الى أحجام ضخمة لكن المخ لم يزل صغيرا وبدائيا ، ومنها حيوان « البرونتوثيريوم » الذي كان يحمل شبها ضئيلا للخرتيت الحالي ومن المعتقد أنه كان أضـخم حيوان بري عاش في قارة أمريكا الشمالية (شكل ١٧٠ ـ ب) ، وقد وصل ارتفاع هذا الحيوان الضخم عند الأكتاف ما يقرب من مترين ونصف ، وكان له جزء عظمي كبير يبرز من الجمجمة ويمتد على شكل قرن مفلطح ويتشعب عند قمته (٩٤) .

وبالرغم من التطور السريع لمجموعة التيتانوثير خلال عصر الثلاثي المبكر فقد انقرضت هذه الحيوانات الشاذة في منتصف فترة الأوليجوسين.

الكاليكوثير :

هذه المجموعة لها أوجه شبه مع التيتانوثير لكن لها أيضا صفاتها الخاصة فان رأس ورقبة جنس « موروبوس » (وهو أحد نماذج مجموعة الكاليكوثير) تشبه كثيرا رأس ورقبة الحصان الحالي لكن الأرجل الأمامية كانت أطول من الخلفية ، والأقدام تشبه مثيلاتها في الخرتيت فيما عدا أنها كانت تحمل مخالب طويلة بـدلا من الحوافر ، وقد عاشت مجمـوعة الكاليكوثير في شمال أفريقيا من الميوسين حتى البليستوسين لكن يعتقد أنها لم تكن كثيرة العدد .

الزينوسيروس (أو الخرتيت) :

هذه المجموعة وحيدة الحافر أيضـا ويوجد منهـا حفريات مهمة وشهيرة ، ومنها الخرتيت ذو الفراء وكان له قرنان (أحدهما خلف الآخر) وقد عاش في البليستوسين وانتشر في جنوب فرنسـا حتى سيبريا (شكل ١٦٢ ـ أ) ، وقد اشتهر الخرتيت ذو الفراء من الجثث المتجمدة التي استخرجت من البرارى الجليدية في سيبريا ومن البقايا المحفوظة في نشع من زيت النفط في بولندا ، وقد أعطتنا هذه العينات غير العادية مع رسومات الكهوف (التي نحتها الانسان القديم) سجلا كاملا وصحيحا عن هذا الكائن ، وقد وجدت حفريات هذه المجموعة في صخور تتراوح من منتصف الأوليجوسين الى نهاية البليوسين .

---

(٩٤) وربما انتمى الارزينوثيريوم لهذه المجموعة وهو يشبه الخرتيت وله قرنان في مقدمة رأسه وقد عاش في الأوليجوسين المبكر في الفيوم بمصر ـ (المعرب) .

البالوشيثيريوم :

وهو أكبر الثدييات البرية المعروفة ، ويشبه الخرتيت لكنه أضخم منه وليس له قرون ، وقد عاش فى الأوليجوسين المتاخر والميوسين المبكر ، وكان طول هذا المخلوق الضخم من رأسه الى ذيله ٧ر٥ متر وارتفاعه عند الأكتاف ٥ر٢ متر ومن المؤكد أن وزنه قد تعدى أطنانا عديدة ، ولم تكتشف بقايا لهذا الحيوان فى أمريكا الشمالية ويبدو أنه عاش فى وسط آسيا فقط .

رتبة زوجية الحوافر :

وتشمل الأنواع المعروفة لنا كالخنازير والجمال والغزلان والماعز والخراف وإفراس النهر ، وهى مجموعة حيوانية كبيرة ومتشعبة لكن التركيب التشريحى للأطراف والأسنان يوضح تماما الصلة القوية بين هذه الأشكال المختلفة ، وهذه المجموعة لها حفريات منتشرة فى صخور تتراوح من الايوسين حتى البليستوسين .

الانتيلودونت :

هى حيوانات ضخمة تشبه الخنزير من مجموعة زوجية الحافر ، وقد عاشت خلال الأوليجوسين والميوسين المبكر ، وكانت ذات جمجمة طويلة وثقيلة لكن المخ كان صغيرا ، وقد تميز الوجه بوجود عقد بين العينين والجهة السفلية من الفك الأسفل ، وبالرغم من أن هذه العقد لم تكن حادة الا أنها تشبه القرون القصيرة ، وقد وصل ارتفاع بعض هذه الخنازير الضخمة الى ١ر٨٠ مترا عند الأكتاف .وكان طول الرأس ٩٠ سنتيمترا (شكل ١٧١) .

الجمـــال :

وجدت أقدم حفريات الجمال المعروفة فى صخور الأيوسين المتاخر ، وقد حدث تخصص كبير في أسنان وأطراف هذه الأجناس الصغيرة الحجم ، وقد كانت لكثير من الجمال (التى عاشت فى منتصف الحقب الحديث) أرجل طويلة مهيأة للجرى ورقاب طويلة ساعدت هذا الحيوان على التغذى من أوراق الأشجار الطويلة ، وتنتشر البقايا المتحفرة لهذه الجمال فى أنحاء كثيرة من الولايات المتحدة .

الفصل الحادى والعشرون

التطور وتغير أشكال الحياة

كما سبق أن ذكرنا فقد حدثت للكائنات التى عاشت على الأرض تغيرات مستمرة ومتدرجة على طول التاريخ الجيولوجى ، وسجل هذا التغير موثق جيدا فى الصخور كما يمكن شرحه بنظرية « تطور الكائنات »، وهذه النظرية (التى تكتسب أهمية كبيرة لدى كل من علماء الحياة والجيولوجيا) يمكن تعريفها كعملية تغير متراكم تتميز بتطور متدرج للنباتات والحيوانات من أسلاف بدائية ، وهكذا فان دراسة التطور تدل على أن النباتات والحيوانات الموجودة الآن قد اكتسبت تقدمها الحالى كنتيجة للتغيرات المتدرجة والمنتظمة والتى حدثت خلال التاريخ الجيولوجى ، وقد وجدنا أنه من المناسب اعطاء عرض مختصر لنظرية التطور وذلك لدارسى الجيولوجيا التاريخية (٩٥) .

نظريات التطور :

ليست فكرة تطور الكائنات أمرا جديدا ، اذ أن بعض فلاسفة الاغريق القدامى كانت لهم أفكار مبهمة عن التطور منذ عام ٥٠٠ ق.م . وهذا يعنى أن النظرية العلمية الأولى للتطور لم تظهر فجأة فى القرن التاسع عشر .

وبالرغم من أن علماء كثيرين قد لاحظوا التغيرات التى صاحبها تطور والتى حدثت للنباتات والحيوانات فان قليلا منهم قد حاولوا شرح كيفية حدوث هذه التغيرات ، ومن هؤلاء العلماء جان لامارك وتشارلز داروين وهوجو ديفريز .

---

(٩٥) يمكن لمن يرغب فى مزيد من التفاصيل عن نظرية التطور الرجوع الى بعض كتب علم الحياة ، مثل كتاب « تبسيط علم الحياة » للكاتبة الأمريكية ايثل هاناور ، وهو مكتوب باللغة الانجليزية ـ (المؤلف) .

نظرية توارث الصفات المكتسبة :

وقد وضعها جان بابتيست لامارك عام ١٨٠٩ ، وتنص هذه النظرية على أن العضو الذى يستخدم باستمرار يتطور بسرعة ، أما العضو الذى لا يستخدم فانه يصبح ضعيفا ويختفى فى النهاية ، وقد رأى لامارك أيضا أن هذه الصفات المكتسبة يمكن أن تنتقل من الآباء للأبناء ، وهكذا فانه بعد عدة أجيال تظهر للحياة أنواع جديدة أو مختلفة عن الأصل ، وعلى سبيل المثال فان لامارك يعتقد أن الحداد ينجب أولادا لهم عضلات أكثر ضخامة من أولاد التاجر ، وأن هذا الفارق يمكن أن يعزى للعضلات القوية التى للحداد ، على أن هذه النظرية (التى تعرف باسم « نظرية الاستخدام وعدم الاستخدام ») لا يؤمن بها علماء كثيرون فى الوقت الحاضر .

نظرية الانتخاب الطبيعي :

وضع هذه النظرية تشارلز داروين (وهو أحد علماء الجيولوجيا المشهورين) عام ١٨٥٩ ، اذ أنه أثناء محاولاته لتفسير أسباب التطور قد توصل الى وضع نظرية تعتمد على أبحاث وتجارب علمية كثيرة ، وقد دونها فى كتابه الشهير « أصل الأنواع » وتعتمد على أربعة عوامل هى :

١ ـ **الصراع من أجل البقاء :** كل الكائنات تنتج ذرية أكثر من المتوقع حتى تصل الى كمال النمو ، ويؤدى هذا الانسال الوفير الى تنافس مستمر من أجل الحصول على الغذاء والماء والماوى .. الخ ، وعلى الكائن أن يتغلب على هذه الصعوبات والا فان مصيره الفناء .

٢ ـ **التنوع :** لا يتشابه فردان فى أية ذرية تشابها كاملا ، اذ توجد دائما اختلافات حتى داخل الأسرة الواحدة .

٣ ـ **الانتخاب الطبيعي :** لا يصل الى دور النمو الكامل الا أفضل الأفراد القابلة للتكيف مع الحياة والقادرة على انتاج نسل من نوعها ، وهذا يؤدى الى مبدأ « البقاء للأصلح » .

٤ ـ **الانتخاب الجنسى :** لبعض الأفراد صفات خاصة تعطيهم ميزة ضمان التزاوج ونقل هذه الصفات الى ذريتهم ، وبالتالى فان الأفراد الذين لا يمتلكون هذه الصفات الجذابة لا يقدرون على ضمان وجود قرين ولا يمكنهم انتاج أية ذرية .

وبالرغم من أن علماء العصر الحاضر يوافقون على جزء كبير من مضمون نظرية داروين فقد قامت اعتراضات عديدة على بعض أفكاره ،

وكنتيجة لذلك فان بعض النقاط فى « النظرية الداروينية » قد أمكن تعديلها فى ضوء الاتجاهات العلمية الجديدة ٠

نظرية الطفرة :

وضع هذه النظرية عالم النبات الهولندى هوجو ديفريز عام ١٩٠١ ، وقد تأسست أبحاث ديفريز على الدراسات الرائدة فى علم الوراثة لجريجور يوهان مندل ، ذلك الراهب الأوغسطينى الذى صدرت أبحاثه عام ١٨٦٦ والتى وضعت أساسيات علم الوراثة الحديث ٠

وتعتمد نظرية الطفرة على الاعتقاد بأن أنواعا جديدة قد تظهر فى الطبيعة كنتيجة لتحولات فجائية (وهى تغيرات مفاجئة فى بلازما خلايا التكاثر فى الكائنات الحية) ، وهذه التحولات تكون فى صالح بقاء الكائن ، وقد يتم توريثها عبر الأجيال مما يؤدى الى ظهور نوع جديد ٠

وهذه النظرية (التى تكمل نظرية داروين أكثر مما تعارضها) تفترض أن أنواعا جديدة قد تظهر بطريقة مفاجئة وليس كنتيجة لتغيرات طفيفة على مدى زمنى طويل ٠

دلائل التطور :

على الرغم من أن كثيرا من الدلائل التى تؤيد نظرية التطور هى من النوع غير المباشر فانه يمكن جمعها من مصادر كثيرة ، وقد أصبحت من الأمور المسلم بها ، ولهذه الأسباب فان علماء الجيولوجيا وعلماء الحياة يعتبرون التطور كحقيقة علمية وليس أمرا نظريا ، وسوف نناقش هنا بعض الدلائل المهمة التى تثبت التطور :

دلائل من علم التشريح المقارن :

يحتوى الكثير من النباتات والحيوانات التى لا تتشابه (ولا يبدو ان بينها أية صلة قرابة) على تركيب تشريحى متشابه ، وعلى سبيل المثال فانه يوجد تشابه تركيبى بين ذراع الانسان وجناح الخفاش وزعنفة الحوت وجناح الطائر ، كما أنها كلها أعضاء للحركة ، ومثل هذه التراكيب أو الأعضاء التى تحمل تركيبا أساسيا تسمى « تراكيب متناظرة » ٠

وكثير من الحيوانات لها تراكيب أو أعضاء يمكن التعرف عليها بأنها كانت ذات فائدة فى وقت ما لكنها فقدت وظيفتها فيما بعد ، وتسمى « تراكيب أثرية » وهى من الدلائل التى تثبت التطور ، وعلى سبيل المثال فان وجود الزائدة الدودية فى جسم الانسان لا فائدة له ، بل انه فى

بعض الأحيان مثير للمشاكل ، لكن وجودها في بعض الحيوانات الأخرى مثل (الأرنب والكلب) له فائدة كجزء من الجهاز الهضمي ٠

دلائل من علم الأجنة :

تقدم دراسة نمو الكائن من لحظة الاخصاب حتى الولادة دليلاً قوياً على الصلة المتقاربة بين كل من الأشكال البسيطة والمعقدة في الكائنات ، ومن المعروف الآن بشكل مؤكد أن الأجنة المبكرة في بعض الحيوانات تتميز بوجود تراكيب تشبه أعضاء الأفراد البالغة من الحيوانات الأقل تطورا ، وقد تختفي مثل هذه التراكيب عندما ينمو الجنين أو تبقى على شكل أعضاء أثرية ، وعلى سبيل المثال فان الفتحات الخيشومية التي لا فائدة لها والموجودة في أجنة البرمائيات والزواحف والطيور والثدييات (والتي تختفي قبل ولادة الحيوان أو خروجه من البيضة) فان هذه الخياشيم البدائية تبدو وكأنها من التاريخ الماضي وتدل على وجود أسلاف مشتركة (لكل الطوائف المذكورة) كانت تعيش في الماء ٠

دلائل من علم التقسيم :

يعتمد علم التقسيم على صلات القرابة بين الكائنات ، ويبدأ « نظام لينيوس » لتقسيم الحيوانات بأكثر الحيوانات بساطة في التركيب وهي البروتوزوا أو وحيدة الخلية ، حتى يصل الى أعقدها وهي الحبليات، ويعتمد هذا التقسيم على العلاقات التركيبية ويدل على وجود خط تسلسل مشترك يمكن شرحه عن طريق عمليات التطور ٠

دلائل من علم الوراثة :

أدت دراسات علم الوراثة الى تقبل مبدأ التطور ، فقد استطاع الانسان أن ينتج أنواعا عديدة من النباتات والحيوانات عن طريق الانتخاب الصناعي أو التحكم في الأنسال ، وعلى سبيل المثال فاننا يمكن أن نتتبع أصل كل نوعيات الخيول فنجد أنها ترجع الى نوع واحد هو « الحصان البرى » ، وقد تمكن علماء الوراثة من احداث تغيرات في بعض الكائنات مثل ذبابة الفاكهة وذلك عن طريق اجراء تجارب معملية محكمة ، والواقع أن التحكم في الأنسال قد وضع أساسا عمليا لفكرة التطور ٠

دلائل من التوزيع الجغرافي :

من المعتقد أن توزيع وجود بعض الحيوانات يمكن أن يعزى الى تغيرات في التطور ، اذ أنه في بعض الأحيان توجد دلائل على أن الأنواع

التى نشأت فى بعض الأماكن وسط اليابسة قد تغيرت عندما أصبحت معزولة ، وعلى سبيل المثال فان الجمال التى فى آسيا واللاما التى فى أمريكا الشمالية كان لها سلف مشترك كان موجودا قبل انفصال القارات ، وعندما انفصلت القارات فان التطور قد حدث خلال خطين مختلفين ، وبذلك يبدو لنا أن العزل الجغرافى قد يؤدى الى نشوء أنواع جديدة .

دلائل من علم الحفريات :

تمدنا الدلائل التى جمعناها من دراسة الحفريات بواحد من أقوى البراهين التى تؤيد حدوث تطور للكائنات ، والواقع أن الحفريات تبين مدى تقدم عملية التطور لأن أقدم الصخور تحتوى على حفريات تمثل أبسط أنواع الحياة ، ويزيد تعقد البقايا الحفرية كلما انتقلنا الى الصخور الأحدث ، وهكذا فاننا اذا رتبنا الحفريات فى ترتيب زمنى نجد أن هناك سلسلة من التغيرات التى يبدو منطقيا أنها جاءت كنتيجة لتطور الكائنات .

الفصل الثانى والعشرون

تاريخ الأرض

سبق أن ذكرنا أن عمر الأرض كبير جدا بالاضافة الى أنها قد عانت من تغيرات كثيرة خلال تاريخها الطويل ، وقد كان لهذه التغيرات الفيزيائية والحيوية تأثير كبير على المناخ والجغرافيا والتضاريس وأشكال الحياة فى الأزمنة القديمة ، وفى هذا الفصل سوف نتعرف على بعض هذه التغيرات ودورها فى التاريخ الجيولوجى ٠

أحقاب ما قبل الكمبرى Precambrian Eras :

يمكن جمع حقبى الأركيوزوى (أو حقب بدء الحياة) والبروتيروزوى (أو حقب طلائع الحياة) تحت اسم « ما قبل الكمبرى » ، وقد حدثت لصخور ما قبل الكمبرى تحولات والتواءات شديدة حتى انه يبدو من الصعب تفسير سجل هذا الجزء من تاريخ الكرة الأرضية ٠

ويشمل الأركيوزوى والبروتيروزوى ذلك الجزء من التاريخ الجيولوجى الذى يبدأ مع بداية تاريخ الأرض وينتهى قبل بداية ترسيب أقدم طبقات الكمبرى الغنية بالحفريات ، وما دام عمر الأرض طويلا (كما هو معتقد فعلا) فان زمن ما قبل الكمبرى يمثل حوالى ٨٥٪ من تاريخها الكلى ٠

حقب الأركيوزوى Archeozoic Era :

يمثل هذا الحقب قسما زمنيا طويلا كانت تبدو الأرض فيه خالية من الكائنات الحية ، ومع ذلك فانه توجد دلائل غير مباشرة على وجود أنواع من الحياة تتمثل فى رسوبيات تحتوى على الكربون الذى قد يكون من أصل عضوى ، على أن معظم صخور الأركيوزوى تتكون أساسا من

صخور بركانية ورسوبية حدث لها تحول شديد كما تداخلت فيها صخور جرانيتية ، وقد حدثت لمعظم هذه الصخور تغيرات كبيرة لدرجة أنها لا تعطى الا معلومات ضئيلة عن طبيعتها الأصلية ، وقد حدثت فى هذا الحقب نشاطات نارية كبيرة وتكونت فيه جبال كثيرة ثم انتهى بفترة طويلة من التحات الشديد • ولتسهيل دراسة هذا الحقب فقد تم تقسيمه الى عصرين هما الأركيوزوى الأسفل (أو الكيواتين) والأركيوزوى الأعلى (أو تيميسكامينج) •

حقب البروتيروزوى Proterozoic Era :

وقد تكونت صخور هذا الحقب بعد فترة التحات الطويلة التى حدثت فى نهاية حقب الأركيوزوى ، وقد أمكن تقسيم حقب البروتيروزوى الى عصرين هما « الهورونى Huronian » أو البروتيروزوى الأسفل و « الكيويناوى Keeweenawan » أو البروتيروزوى الأعلى ، ويعتقد أن هذا الحقب قد بدأ منذ أكثر من ألفى مليون سنة ، وشمل فترات من التثلج والنشاط البركانى والترسيب البحرى ، وبوجه عام فان طبقات البروتيروزوى تحتوى على صخور رسوبية أكثر ، أما النشاط النارى والتحولى فقد كان أقل مما هو موجود فى صخور الأركيوزوى •

وقد انتهى البروتيروزوى بفترة غنية بالحركات البانية للجبال تعرف باسم « ثورة كيلارنى ـ جراند كانيون » التى كونت جبالا فى مناطق البحيرات العظمى ونيويورك وأريزونا ، وقد تلت فترة بناء الجبال فترة أخرى طويلة من التحات تهرأت فيها جبال ما قبل الكمبرى ، وقد أدى الانقطاع الطويل فى السجل الجيولوجى الى وجود حالة شاملة من عدم التوافق •

وتحتوى صخور البروتيروزوى على أقدم الدلائل التى تثبت وجود حفريات والتى تشمل أوكارا للديدان وشويكات أسفنجية وراديولاريا (أى شعاعيات) وطحالب جيرية ، وقد أفرزت بعض الطحالب البحرية كتلا من الحجر الجيرى العضوى وهى أكثر الحفريات الممثلة لهذا الحقب انتشارا ، ولم تكن هناك أية صورة للحياة على اليابسة ، وكما يبدو من هذا السجل الحفرى الفقير فقد تراوح المناخ بين فترات من الدفء والرطوبة وفترات من الجفاف والبرودة •

وتحتوى صخور البروتيروزوى على بعض من أضخم الخامات المعدنية المعروفة للانسان ، ففى كندا والولايات المتحدة نجد خامات ثمينة للفضة والذهب والنيكل والحديد والنحاس والكوبلت (٩٦) •

---

(٩٦) تكونت فى نفس هذه الفترة خامات الذهب والنحاس والحديد والقصدير وغيرها فى بعض انحاء الوطن العربى ـ (المعرب) •

حقب الحياة القديمة Paleozoic Era :

ويعرف أيضا باسم « حقب الباليوزوى » وبدايته هى أيضا بداية أول سجل واضح فى التاريخ الجيولوجى ، اذ لم تتعرض صخوره لتغيرات فيزيائية كبيرة مثل التى حدثت لصخور ما قبل الكمبرى ، ومنذ بداية الباليوزوى تنتشر الصخور الرسوبية التى يحتوى الكثير منها على عدد كبير من الحفريات ٠

وينقسم حقب الحياة القديمة (الذى بدأ منذ أكثر من ٦٠٠ مليون سنة) الى سبعة عصور جيولوجية تختلف فى الطول ، وقد استغرق بعضها حوالى ٢٠ مليون عام بينما استمر البعض الآخر الى أكثر من ٦٥ مليون سنة ، وتفصل بين هذه العصور فترات قصيرة نسبيا حدثت فيها حركة متسعة لرفع القارات وتراجع للبحر عن اليابسة ، وبعد انتهاء فترات الرفع القارى مرت فترات جديدة غطى فيها البحر أجزاء كبيرة من القارات وبدأت عمليات ترسيب جديدة ٠

وسوف نتكلم الآن باختصار عن كل عصر لنتعرف على تاريخه الفيزيائى والمناخ السائد فيه ، وكذا أنواع الحياة التى وجدت فى صخوره ٠

عصر الكمبرى Cambrian Period :

وهو أقدم عصر فى حقب الحياة القديمة ، كما أنه أول عصر نجد فيه انتشارا كبيرا للحفريات المحفوظة جيدا ، وقد اشتق اسم هذا العصر من كلمة « كمبريا » وهى المرادف اللاتينى لاسم مقاطعة ويلز البريطانية ، وهى المكان الذى بدأت فيه دراسة صخور هذا العصر ٠

وخلال هذا العصر الذى استمر ٧٠ مليون سنة غطى البحر حوالى ٣٠٪ من سطح قارة أمريكا الشمالية ، وفى هذه المناطق ترسبت طبقات سميكة من الحجر الجيرى والحجر الرملى والكونجلوميرات التى نراها الآن منتشرة فى مناطق كثيرة من الولايات المتحدة (٩٧) ، وقد تميزت نهاية الكمبرى بعملية رفع قارى وانسحاب للبحار مع تكون بعض الجبال المحلية وتعرف باسم « حركة الجبل الأخضر » ، وقد اقتصرت هذه الحركة على منطقة نيوانجلند (شمال شرق الولايات المتحدة) والجزء الشرقى من كنـدا ٠

---

(٩٧) وجه المؤلف معظم اهتمامه الى التاريخ الجيولوجى للولايات المتحدة وحدها ، وتنطبق نفس أحداث هذا التاريخ تقريبا على معظم القارات بما فيها البلاد العربية ، وبالنسبة لعصور الكمبرى حتى الديفونى لا توجد رسوبيات مؤكدة لها فى بعض المناطق ومنها مصر ـ (المعرب) ٠

وقد ساد ثلاثى الفصوص وكذا المعرجيات غير المعشقة أنواع الحياة الأخرى فى هذا العصر ، وقد تعددت أنواع ثلاثى الفصوص وكونت ما يصل الى ٦٠٪ من أنواع الحيـاة المختلفة ، كما عاشت الا فقاريات أخرى مثل وحيدة الخلية والأسفنج والحلزونيات والديدان والكيسيات (وهى جلد شوكيات جالسة) ، ولم توجد أية صور للحياة على اليابسة أو فى المياه العذبة ٠

ويمكننا أن نخمن طبيعة المناخ فى عصر الكمبرى ، ويبدو أن المناطق المناخية لم تكن محددة بطريقة واضحة مثل التى نراها الآن ، وأن مناخ الكمبرى بوجه عام كان معتدلا ومنتظما ، أما المصادر الاقتصادية لصخور الكمبرى فتبدو فقيرة بالمقارنة بصخور العصور الأخرى ٠ وتقتصر على بعض أحجار البناء (مثل الرخام والاردواز) فى نيوانجلند بالاضافة الى بعض رواسب الذهب والرصاص ولا يوجد شىء آخر يستحق الذكر ٠

عصر الأوردوفيشى Ordovician :

استمر هذا العصر ٦٥ مليون ســـنة ، وقد سمى على اسم قبيلة « الأوردوفيش » الكلتية التى عاشت فى ويلز فى أحد العصور الغابرة ، وفى الأوردوفيشى اجتاحت البحار شواطىء القارات حتى انه فى أوقات معينة خلال هذا العصر كان حوالى ٧٠٪ من سطح أمريكا الشمالية مغطى ببحار الأوردوفيشى الضحلة الدافئة ، مما أدى الى ترسيب طبقات سميكة من الطفلة الصفحية والحجر الجيرى فى هذه البحار ، وكثير من هـذه الطبقات البحرية غنى بالحفريات المختلفة ٠

وقرب نهاية هذا العصر حدثت عملية رفع للجزء الشرقى من أمريكا الشمالية على طول خط يمتد من ولاية نيوجيرسى حتى نيوفوند لاند (جنوب شرق كندا) ، وتعرف هـذه الحركة البانية للجبـال باسم « الحركـة التاكونية » وتميز نهاية عصر الأوردوفيشى ٠

ومن المحتمل أن الظروف المناخية فى عصر الأوردوفيشى كانت معتدلة ومنتظمة فى معظم أنحاء العالم ، وربما كانت المناطق المناخية (ان كانت موجودة فعلا) أقل تميزا من المناطق التى نراها الآن ٠

ولابد أن بحار الأوردوفيشى الدافئة المنتشرة قد أدت الى زيادة كبيرة فى اعداد الكائنات البحرية ، ويبدو هذا من السجل الحفرى الذى يدل بوضوح على أن هذه البحار كانت مكتظة بالأعشـاب البحرية ووحيدات الخلية والمسرجيـــات والحزازيات الحيوانيـة والمرجان والبطنقدميـــات واسفينيات القدم والرأسقدميات وثلاثى الفصوص والكيسيات والبرعميات

والزنابق والجرابتوليت ، وتذكر بوجه خاص تطور الرأسقدميات الطويلة المخروطية ضخمة الحجم التى وصل طول بعضها الى ٤٫٥ متر ، كما أن أحد المميزات غير العادية لصخور الأوردوفيشى هو انتشار عدد كبير من بقايا الجرابتوليت المكربنة ، أما الأسماك التى ظهرت لأول مرة فى الكمبرى المتأخر فقد كانت الفقاريات الوحيدة التى عاشت خلال هذا العصر ، وقد اقتصر وجودها على الأنواع الصغيرة البدائية المدرعة (شكل ١٦٣) والتى تتكون بقاياها من شظايا الدروع العظمية والقشور ، وتسمى هذه الفقاريات البدائية « قوقعيات الجلد Ostracoderms » وقد وجدت بقاياها فى منطقة جبال روكى ٠

وتشمل المصادر المعدنية التى أمكن استخراجها من طبقات الأوردوفيشى البترول وأحجار البناء والرمل الصالح لصناعة الزجاج وخامات الحديد والرصاص والخارصين ٠

عصر السيلورى Silurian :

اشتق اسم هذا العصر أيضا من اسم قبيلة كلتية قديمة هى قبيلة « السيلور » كما أن صخوره قد درست لأول مرة فى ويلز ، وفى هذا العصر القصير نسبيا (حوالى ٤٠ مليون سنة) كان الجزء الأكبر من قارة أمريكا الشمالية فوق مستوى البحر ، أما الجزء الأوسط من القارة فقد كان معظمه مغطى بالماء ، وتنتشر صخور السيلورى فى شرق الولايات المتحدة ، وتكون صخور « لوكبورت » الدولوميتية القوية (من عصر السيلورى الأوسط) قمم صخور شلالات نياجرا الشهيرة ، وفى نهاية السيلورى حدث انكماش كبير للبحار وتكونت كميات معزولة من المياه المالحة داخل اليابسة فى ولايات أونتاريو ونيويورك وميتشيجان وبنسيلفانيا وأوهايو ، وتجمعت رسوبيات للجبس والأملاح نتيجة لتبخر هذه المياه التى يبدو أنها انحصرت فى مناطق شبه صحراوية قديمة ٠

وقد انتهى عصر السيلورى بهدوء فى أمريكا الشمالية اذ لا توجد دلائل على حدوث حركات بانية للجبال ، أما فى أوروبا فقد حدثت حالة من عدم الاستقرار للقشرة الأرضية نشأت عن الحركة « الكاليدونية » والتى نتج عنها تكوين السلسلة الجبلية الكاليدونية التى تمتد لمسافة ٦٥٠٠ كيلو متر من الجزر البريطانية وخلال شبه جزيرة اسكندينافيا ثم غربا الى جزيرة جرينلاند ٠

ويحتمل أن مناخا دافئا ومعتدلا قد ساد فوق بحار السيلورى ، وقد بنينا هذا الافتراض على وجود عدد كبير من المرجانيات البانية للشعاب

والرسوبيات السميكة من الحجر الجيرى والدولوميت ، أما وجود الرسوبيات الضخمة من الجبس والأملاح فى صخور السيلورى العلوى فيدل على حدوث فترات من الجفاف فى المناطق التى توجد بها هذه الرواسب ٠

وقد تميزت أنماط الحياة البحرية فى السيلورى بزيادة فى المرجانيات البانية للشعاب وفى المسرجيات والحزازيات الحيوانية والجلد شوكيات والرخويات والجرابتوليت ، كما عاشت أيضا أعداد هائلة من اللافقاريات التى سبق أن عاشت فى بحار الكمبرى والأوردوفيشى، وقد وصل ثلاثى الفصوص الى قمة تطوره وفى الوقت نفسه تناقصت أنواعه وأعداده ، وتميزت بوجه خاص مجموعة من المفصليات التى تشبه العقارب والتى تعرف باسم « العقارب البحرية » أو « ايوريبتيريد » والتى كانت أضخم لافقاريات هذا العصر ، أما الفقاريات الوحيدة الموجودة فى صخور السيلورى فهى أسماك بدائية شبيهة بتلك التى عاشت فى الأوردوفيشى٠

وقد بدأ ظهور أول نباتات وحيوانات اليابسة خلال هذا العصر ، فقد ظهرت حيوانات أرضية مبكرة فى السيلورى الأعلى على شكل عقارب وأنواع من ديدان الأرض التى تعيش على النباتات ، أما بقايا الحفريات التى يبدو أنها تدل على وجود نباتات اليابسة فقد وجدت فى صخور السيلورى الأعلى فى استراليا وانجلترا وجوتلند (بالدنمارك) ٠

وتشمل الخامات الاقتصادية الموجودة فى صخور السيلورى خامات الحديد فى برمنجهام والاباما ، والملح فى الطبقات الملحية الكبرى فى أوهيو وميتشيجان ونيوريوك ، والجبس فى غرب نيويورك والبترول فى أنحاء متفرقة من الولايات المتحدة ٠

عصر الديفونى Devonian :

سمى هذا العصر باسم منطقة ديفونشير بانجلترا حيث تمت دراسة صخوره لأول مرة ، وقد استمر لمدة ٥٠ مليون سنة ، وقد كان عصر الديفونى زمن التغيرات الكبرى فى الحياة النباتية والحيوانية على السواء٠

وفى الجزء المبكر من هذا العصر كانت أمريكا الشمالية قارة منخفضة ، وقد حدث غزو بحرى لليابسة فى وسط أمريكا الشمالية خلال الديفونى الأوسط حتى وصل الجزء المغطى بالبحر الى ٤٠٪ من مساحة القارة ، وتحدد ذروة « الحركة الأكادية » نهاية هذا العصر ، وقد بدأت هذه الحركة فعلا فى منتصف الديفونى ، وقد أدى حدوثها الى رفع جبال

فى منطقة الأبالاش امتدت شمالا داخل نيوانجلند وحتى نيوفوندلاند ، كما توجد دلائل على أن هذه الحركة كانت مصحوبة بنشاط نارى كبير ٠

ويبدو أن جزءا كبيرا من عصر الديفونى قد تميز بمناخ حار الى معتدل ولا توجد دلائل على وجود مناطق مناخية على سطح الكرة الأرضية ، وبالرغم من الدلائل الكثيرة على وجود مناطق حارة رطبة فان طبقات الانهيدريت الشاسعة تبين أن المناخ كان جافا فى بعض الأجزاء من الولايات المتحدة ٠

وقد تميزت الحياة فى الديفونى بانتشار النباتات على اليابسة ولاسيما السرخسيات البذرية والأشجار الحرشفية والسرخسيات ، كما بدأ ظهور مجموعة نباتية مهمة فى هذا العصر وهى النباتات ذات البذور ٠

وكانت هناك أنواع كثيرة من اللافقاريات مثل المرجانيات البانية للشعاب والأسفنجيات والجلد شوكيات (ولاسيما الزنابق) واسفينيات القدم والبطنقدميات ، وكانت المسرجيات هى اللافقاريات السائدة فى هذا العصر ، وكان ثلاثى الفصوص موجودا الا ان أعداده كانت تتناقص ، وقد بدأ ظهور مجموعة الأمونيات بنوع ذى خط درز من النمط الجونياتيتى ، كما ظهرت الحشرات لأول مرة ٠

وقد أظهرت الفقاريات تطورا لم يسبق له مثيل ، وقد انتشرت الأسماك فى البحار وفى المياه العذبة أيضا ، ومنها قوقعيات الجلد (الأوستراكوديرم) وكذا صفيحيات الجلد (البلاكوديرم) التى لها فكوك ودروع حول الجسم ، ومجموعة شبيهة بالقرش تعرف باسم « أرثروديرا » وكان لبعض أنواعها درع ثقيل ووصل طولها الى تسعة أمتار (٩٨) ، كما ظهرت القروش الحقيقية ، ومن أهم الفقاريات التى ظهرت لأول مرة طائفة من ذوات الأربع هى البرمائيات البدائية والتى يبدو أنها قد تطورت من الأسماك الرئوية التى عاشت فى الديفونى ٠

ومن أهم خامات الديفونى الرمال الصالحة لصناعة الزجاج وأحجار البناء والحجر الجيرى وخامات الاسمنت ومواد السحج والأملاح ٠ والى جانب ذلك فان صخور الديفونى هى من أهم التكوينات المنتجة للبترول فى أجزاء كثيرة من الولايات المتحدة ، وفى الواقع فان البئر الشهيرة باسم « كولونيل دريك » التى تم حفرها عام ١٨٥٩ هى أول بئر تثبت وجود البترول فى الولايات المتحدة ، وقد أنتجت هذا البترول طبقات من عصر الديفونى فى ولاية بنسلفانيا (٩٩) ٠

---

(٩٨) الارثروديرا أو ذوات العنق المفصلى هى مجموعة من صفيحيات الجلد تميزت بوجود فك سفلى ثابت بينما الفك العلوى والرأس قادران على الحركة ـ (المعرب) ٠

(٩٩) وتوجد ايضا حقول بترولية فى صخور الديفونى فى الجزائر ـ (المعرب) ٠

عصر المسيسيبى Mississippian :

لا يوجد هذا الاسم فى التسمية الأوروبية لأن صخوره مع صخور عصر البنسيلفانى (الذى سيرد فيما بعد) يكونان « العصر الكربونى » (١٠٠) ، ولهذا السبب فانه يشار لعصر الميسيسيبى باسم الكربونى الأسفل وهو يناظر طبقات الكربونى الأسفل فى أوروبا على وجه التقريب ، وقد اشتق اسم هذا العصر من وادى الميسيسيبى العلوى بالولايات المتحدة .

وخلال هذا العصر غطت البحار معظم وادى المسيسيبى ، كما كانت اليابسة فى أجزاء كثيرة من العالم قرب مستوى البحر ، وكانت تضاريسها قليلة التباين ، كما انتشرت أيضا أراض مغطاة بالمستنقعات الرطبة التى ساعدت على نمو كثير من أنواع نباتات اليابسة والحشرات والبرمائيات .

وفى نهاية عصر المسيسيبى كانت هناك اضطرابات فى القشرة الأرضية (بالرغم من عدم وجود دلائل على حدوث حركات بانية للجبال فى أمريكا الشمالية) ، وقد كانت الحركات البانية للجبال أكثر وضوحا فى أوروبا حيث نتجت عن الحركة « الفاريسكية » سلسلة جبلية كبيرة وهى جبال فاريسكيا الممتدة على شكل قوس وتمتد من انجلترا الى فرنسا ثم المانيا .

وبوجه عام كان المناخ فى عصر المسيسيبى دافئا رطبا على اليابسة ، كما أن تقدم البحار قد ساعد على انتشار المناخ المعتدل والدافىء فى معظم أنحاء العالم ، وكان هناك جفاف فى بعض المناطق القليلة مثل ميتشيجان ونيوفوندلاند فتكون الجبس والأملاح فى هذه المناطق .

وخلال عصر المسيسيبى (٢٥ مليون سنة تقريبا) انتشرت أنواع الحياة المختلفة فى البحار وعلى اليابسة ، فقد احتوت البحار ذلك الحشد العادى من اللافقاريات ومنها المثقبات والحزازيات الحيوانية والمسرجيات والرأسقدميات والبرعميات والزنابق (التى كانت أعدادها كبيرة) ، وكثير من مسرحيات الميسيسيبى كانت من جنس « برودوكتوس » الذى تميز بصدفة ذات أشواك ، كما انتشرت لا فقاريات أخرى مثل الحزازيات اللولبية كجنس « أرشميدس » (شكل ١٣٣ ــ أ) ، والبرعميات عالية الانتظام من جنس « بنتريميتس » (شكل ١٤٧ ــ أ) والتى تعرف باسم

---

(١٠٠) كما تسود التسمية الأوربية فى البلاد العربية أيضا فيستخدم اسم « العصر الكربونى » بدلا من عصرى الميسيسيبى والبنسيلفانى ــ (المعرب) .

براعم البحر ، أما الفقاريات المميزة لهذا العصر فهى القروش الى جانب أنواع أخرى من الأسماك ٠

وعلى اليابسة كانت هناك غابات المستنقعات الكثيفة التى تكونت من السرخسيات البذرية والسرخسيات ونباتات أخرى لها علاقة وثيقة بالعصر البنسيلفانى ، وهناك دلائل على أن هذه المستنقعات كانت عامرة بالحشرات البدائية والبرمائيات ٠

وتشمل أهم خامات عصر المسيسيبى أحجار البناء (مثل حجر بيدفورد الجيرى بولاية انديانا) والنفط والغاز الطبيعى فى مناطق وسط القارة الأمريكية وخامات الرصاص والخارصين فى كانساس وأوكلاهوما وميسورى ، والملح فى ميتشيجان وكميات قليلة من الفحم فى غرب فيرجينيا ٠

عصر البنسيلفانى Pennsylvanian :

استمر عصر البنسلفانى (أو الكربونى الأعلى) حوالى ٤٠ مليون سنة ، وقد أطلق عليه اسم ولاية بنسيلفانيا حيث توجد مكاشف جيدة لصخوره ، وخلال هذا العصر كانت المناطق الداخلية من أمريكا الشمالية فى مستوى منخفض وتضاريس قليلة التباين ، وقد تميزت الأراضى المنخفضة التى انتشرت فيها المستنقعات الرطبة بازدهار الغابات الكثيفة من السرخسيات والسرخسيات البذرية والأشجار الحرشفية والسمار العملاق (أى الحلفا العملاقة) و (الصنوبريات) ، وقد تكون الفحم الحجرى من بقايا هذه النباتات (مثل حقول الفحم غرب فيرجينيا وأوهايو وأنديانا وايلينويز وبنسيلفانيا) ، وفى المنطقة الشرقية من الولايات المتحدة كانت الأرض شديدة الانخفاض كما كانت الشواطىء منخفضة وكثيرة المستنقعات مما عرضها لغزوات بحرية كثيرة ٠

وبالرغم من أن نهاية عصر البنسيلفانى كانت هادئة نسبيا فى أمريكا الشمالية فقد كانت هناك حركات محدودة لبناء الجبال فى أوكلاهوما وأركنساس وتكساس ونيومكسيكو وكولورادو ٠

وبوجه عام كان المناخ فى العصر البنسيلفانى دافئا ورطبا كما أن أنواع النباتات فى مناطق كثيرة تشير الى جو استوائى أو الى نصف استوائى ، ولكن هذا الحال لم يكن سائدا فى كل أنحاء العالم فقد كانت هناك مناطق جافة كما كانت قمم الجبال باردة (كما هو الآن) ٠

وكانت بحار البنسيلفانى الدافئة مناسبة لسكنى كثير من اللافقاريات مثل التى سبق ذكرها فى عصر الميسيسيبى ، وبوجه خاص انتشرت أنواع

مثل مسرجيات البرودوكتوس والزنابق والحزازيات والمرجانيات المفردة ومجموعة من المثقبات المغزلية الشكل التى تسمى « فيوزيولينيد » « Fusulinids » (شكل ١٢٦ ـ أ) ٠

أما النباتات التى كانت شائعة فى هذا العصر فهى النباتات التى كونت الفحم والتى سبق ذكرها فى عصر الميسيسيبى ، وقد كانت كثيرة العدد لدرجة أن علماء النبات قد سجلوا وجود آلاف الأنواع من نباتات اليابسة التى عاشت فى البنسيلفانى ، وقد انتشرت فى أحراش الغابات فى البنسيلفانى حشود من الحشرات التى شملت الصراصير (التى وصل طولها الى ١٠ سنتيمترات) وحشرات تشبه اليعسوب وهو نوع من الفراش الضخم وصلت المسافة بين طرفى جناحيه الى أكثر من ٧٠ سنتيمترا ٠

وبالنسبة للفقاريات فقد زادت أعداد البرمائيات التى تعيش فى الماء أو على اليابسة ، وقد وصف العلماء أعدادا كبيرة من الأنواع المختلفة من البرمائيات التى عاشت فى البنسيلفانى والتى وصل طول بعضها الى ٣ أمتار ، ولكن الأمر الأهم هو بدء ظهور الزواحف التى تختلف عن البرمائيات فى قدرتها على المعيشة الدائمة على اليابسة ولا تحتاج للعودة للماء لوضع البيض ٠

أما الخامات الاقتصادية المصاحبة لصخور البنسيلفانى فهى عديدة ، لكن شهرة هذا العصر مستمدة من الرواسب الضخمه من الفحم الحجرى ، والواقع أن ٨٠٪ من الانتاج العالمى للفحم يتم استخراجه من طبقات البنسيلفانى فى أوروبا وأمريكا الشمالية ، وتقع معظم حقول الفحم البنسيلفانى فى الولايات المتحدة فى بنسيلفانيا وغرب فيرجينيا وأوهايو وكينتوكى والأباما (١٠١) ، وهناك خامات أخرى مثل الكميات الضخمة من النفط والغاز فى حقول وسط القارة فى تكساس وأوكلاهوما وكانساس وفى مناطق أخرى من العالم ، كما يتم استخدام الأحجار الجيرية والطفلة من صخور هذا العصر فى صناعة الاسمنت والحراريات ولاسيما فى شرق الولايات المتحدة ٠

عصر البرمى Permian :

أطلق على هذا العصر اسم منطقة البرم فى شرق روسيا ، وهو آخر

---

(١٠١) ترجع رواسب الفحم فى الشرق الأوسط الى الكربونى الأعلى وكذا الجوراسى ، كما هو الحال فى شبه جزيرة سيناء ـ (المعرب) ٠

عصور حقب الحياة القديمة ، وقد استمر ٥٥ مليون سنة وكان مختلفا فى مناخه وجغرافيته وحيواناته ونباتاته عن العصور السابقة له ٠

وقد كانت بحار البرمى محدودة ، وبالتالى فقد أصبحت مكاشف صخور البرمى نادرة فى شرق أمريكا الشمالية ، لأن معظم هذا الجزء كان فوق مستوى البحر خلال البرمى ، أما المناطق التى غطاها البحر فتشمل المكسيك وجنوب شرق نيومكسيكو وغرب تكساس وكانساس ونبراسكا وجزءا كبيرا من غرب الولايات المتحدة ، على أن صخور البرمى فى الولايات المتحدة اتخذت مناظر جميلة فى بعض الأحيان مثل « هوايت ساندز ناشيونال مونيومنت » (أى الرمال البيضاء بالمتحف الوطنى) ومغارات كارلسباد فى نيومكسيكو و « والجراند كانيون » و « مونيومنت فالى » فى أريزونا و « حديقة الآلهة » فى كولورادو ، وقد تكونت كليا أو جزئيا فى عصر البرمى ٠

ونهاية البرمى هى نهاية حقب الحياة القديمة ، وتميزت نهاية البرمى بذروة « ثورة الأبالاش » وهى حركة كبرى من حركات بناء الجبال التى نتجت عنها سلسلة جبلية تمتد من نوفاسكوشيا الى الأباما ، وتمثل جبال الأبالاش الحالية جزءا من هذا النسق الجبلى ٠

كما يشتهر عصر البرمى بالتغيرات المناخية الواضحة التى حدثت فيه ، فلم يحدث قبل ذلك خلال التاريخ الجيولوجى أن تباين المناخ بهذه الشدة ، فقد كانت هناك فترات متبادلة من المناخ الحار الرطب والمناخ الجليدى الجاف ، اذ أدى رفع سطح اليابسة وتراجع البحار الى حالات مناخية شديدة البرودة والجفاف أكثر من أى وقت مضى خلال الحقب القديم ، كما أن هناك دلائل على وجود ظروف شبه صحراوية فى أجزاء من جنوب غرب الولايات المتحدة ، وعلى وجود أراض مغطاة بالمستنقعات فى أستراليا وآسيا ، وعلى وجود مثالج فى جنوب أفريقيا وأمريكا الجنوبية وأستراليا ٠

وقد كان لهذه التغيرات المناخية والجغرافية العنيفة تأثير كبير على أنواع الحياة فى البرمى ، مما أدى الى انقراض مجموعات حيوانية مهمة ، ومنها كائنات كانت منتشرة فى أوقات سابقة مثل ثلاثى الفصوص والفيوزيولينيد والكيسيات والبرعميات وبعض أجناس المسرجيات المتخصصة ، لكن مجموعة الأمونيات (رأسقدميات) استمرت فى الانتشار وكذا فعلت بعض أجناس اسفينيات القدم والبطنقدميات ، وبالاضافة الى ذلك فقد عاشت فى بحار البرمى فى بعض أجزاء من غرب تكساس وجنوب

شرق نيومكسيكو شعاب مرجانية كثيرة وقد أمكن دراسة عينات غير عادية من هذه الشعاب المتحفرة ٠

وتختلف نباتات البرمى كثيرا عن نباتات المبنسيلفانى ، فقد اختفت معظم نباتات المستنقعات وحلت محلها أنواع أكثر تقدما كالصنوبريات وأنواع أخرى من المخروطيات ٠

وقد استمرت البرمائيات والزواحف فى توطيد وجودها على اليابسة وظهرت أنواع غريبة منها ، اذ ظهر جنس « ايريوبس » وهو حيوان برمائى بطىء الحركة مبطط الشكل (شكل ١٥٥ ـ أ) ، وقد تمثلت الزواحف بأنواع عديدة فى البرمى وبالذات مجموعة ذات الزعانف الظهرية (شكل ١٥٥ ـ ب) والتى تشمل جنس « ديمترودون » وجنس «أيدافوساوروس» ، ويتميز كل منهما بوجود زعنفة كبيرة عند الظهر (١٠٢) ، كما عاشت فى البرمى أيضا بعض الزواحف المميزة التى تشبه الثدييات والمسماه « الثيرابسيدا » والتى تبين تراكيب الأسنان والجمجمة فيها أنها ربما كانت أسلافا للثدييات ٠

ومن أهم المصادر المعدنية الموجودة فى البرمى نجد النفط والغاز فى وسط القارة الأمريكية والولايات الجنوبية ، ورواسب الملح فى تكساس ونيومكسيكو وكانساس وأوكلاهوما ، والطبقات السميكة من الجبس فى تكساس ونيومكسيكو وكانساس وكولورادو وداكوتا الجنوبية ونيوا وأوكلاهوما ، أما ولايات ويومنج ويوتاه وايداهو فتحتوى على كميات اقتصادية من فوسفات الكالسيوم الذى يستخدم كسماد ، وقد أمكن استخراج الفحم الحجرى من صخور البرمى فى أوروبا والهند والصين واستراليا وأنحاء أخرى من العالم ، ولكن لايوجد فحم فى صخور البرمى فى الولايات المتحدة ٠

حقب الحياة الوسطى Mesozoic Era :

ويسمى أيضا حقب الميزوزوى ، وكما يدل الاسم فان هذا الحقب يمثل مرحلة انتقالية بين الحقب القديم بحيواناته ونباتاته البدائية نسبيا وحقب الحياة الحديثة بكائناته المتطورة ، وخلال مدة ١٦٠ مليون سنة تقريبا والتى تمثل الحقب الأوسط حدثت زيادة غير مسبوقة فى حيوانات اليابسة (ولا سيما الزواحف) ، ومما يستحق الذكر هو ظهور مجموعات جديدة من أوائل الثدييات والنباتات المزهرة والطيور خلال هذا الحقب ٠

---

(١٠٢) يعتقد بعض العلماء أن وظيفة هذه الزعنفة كانت تبريد الجسم فى الجو الحار (مثل راديياتير السيارة) ـ (المعرب) ٠

عصر الترياسى Triassic :

وهو أول عصر فى حقب الحياة الوسطى ، وقد اشتق اسمه من اللاتينية « ترياس » وتعنى ثلاثة ، وذلك يشير الى الأقسام الثلاثة لصخور هذا العصر فى وسط ألمانيا حيث بدأت دراسة صخور الترياسى لأول مرة.

وقد دام عصر الترياسى حوالى ٣٠ مليون سنة ، وقد حدث خلاله ترسيب بحرى وقارى فى غرب أمريكا الشمالية ، وقد كانت معظم أجزاء القارة شبه صحراوية ، وباستثناء شواطىء الأطلنطى وخليج المكسيك فقد كانت قارة أمريكا الشمالية تبدو كثيرة الشبه بما هو الحال عليه الآن ، وقد أعطت الرسوبيات الأرضية الملونة فى نيومكسيكو وأريزونا وكولورادو بعض المناظر الجميلة المميزة مثل « زيون كانيون » فى يوتاه و « جراند كانيون » فى أريزونا والغابة المتحجرة ، وكلها تمثل أجزاء من صخور الترياسى .

وقد كونت « حركة الباليساد » (وهى حركة متوسطة التأثير) جبالا تمتد من ولاية كارولينا الجنوبية الى منطقة نوفاسكوشيا جنوب شرق كندا وذلك فى نهاية عصر الترياسى ، ولاتوجد دلائل على بناء جبال غرب الولايات المتحدة فقد انتهى الترياسى بهدوء فى هذه المنطقة ، وقد صاحب حركة الباليساد نشاط نارى كبير حيث تكونت هضبة الباليساد على الشاطىء الغربى لنهر هادسون والتى تتكون من الحافة المكشوفة لجدد أفقى سميك من البازلت الذى نتج عن النشاط النارى المصاحب لحركة الباليساد .

ويبين وجود بقايا للزواحف والبرمائيات أن المناخ كان معتدلا خلال جزء كبير من عصر الترياسى ، كما أن وجود بعض الحفريات النباتية فى مناطق أخرى يدل على مناخ دافىء رطب ، بينما سببت ظروف الجفاف تكوين طبقات سميكة من الملح والجبس فى أنحاء أخرى من العالم .

وقد اختلفت أنماط الحياة فى الترياسى عن تلك التى كانت شائعة فى عصور الحقب القديم ، فقد ظهرت مجموعات جديدة فى البحر وعلى اليابسة ، كما حدثت تطورات كبيرة فى اللافقاريات والفقاريات وفى النباتات ، فقد سادت الصنوبريات (المخروطيات) والسيكاديات والسرخسيات على الأنواع النباتية الأخرى ، ولكن مازالت هناك أنواع قليلة متبقية من النباتات المكونة لرواسب الفحم الحجرى ، وتمثل جذوع الأشجار المتحفرة فى «الغابة المتحجرة» فى أريزونا بقايا بعض المخروطيات الضخمة التى عاشت فى الترياسى .

وقد شملت اللافقاريات البحرية أعدادا كبيرة من الرأسقدميات واسفينيات القدم والبطنقدميات والقنافذ والمرجانيات وكائنات أخرى تمثل معظم قبائل اللافقاريات ، وبالرغم من وجود المسرجيات الا أن أعدادها كانت قليلة ، أما الأمونيات (وهى رأسقدميات لها صدفة ذات خط درز متعرج) فقد كانت أكثر اللافقاريات انتشارا وتميزا فى ذلك العصر ، وقد انتشرت أيضا مجموعة « البلمنايت » (شكل ١٦٤ ، ولها صلة قرابة بالحبار الحديث) وهى مفيدة كحفريات دليلية للترياسى ، وقد كونت بعض المرجانيات الشبيهة بالأنواع الحديثة شعابا مرجانية فى أنحاء كثيرة من العالم ٠

وقد استمر التطور السريع للفقاريات كما تعددت أنواعها ، ومازالت القروش منتشرة فى البحار كما زادت أعداد وأنواع الأسماك العظمية ، وبالرغم من أن البرمائيات قد احتجبت قليلا (بسبب التطور السريع للزواحف) الا أنها استمرت فى الانتشار ٠

وخلال عصر الترياسى سادت الزواحف على أنماط الفقاريات الأخرى، وكانت ممثلة فى السلاحف والزاحف النباتى (الفيتوساور الشبيه بالتمساح ، شكل ١٦٥) والزواحف البحرية والديناصورات ، وقد كانت الديناصورات المبكرة صغيرة نسبيا بالمقارنة بالأنواع الضخمة التى عاشت فى الجوراسى والطباشيرى ، لكن بعض الزواحف البحرية كانت ضخمة وقد تمثلت فى حرذون الماء (أو الاكثيوساور) الانسيابى الشكل والذى يشبه السمكة السيفية (شكل ١٦٧ ـ أ) والبليزيوساور ذى الجسم المكتظ (شكل ١٦٧ ـ جـ) ، وقد وصل طول هذه الزواحف من ٩ الى ١٢ مترا الا أن متوسط طولها كان أقل من ذلك بكثير ، أما الزاحف النباتى نصف المائى والذى يشبه التمساح (شكل ١٦٥) فهو يمثل مجموعة مميزة من زواحف ذلك العصر ٠

أما الخامات الاقتصادية فى صخور هذا العصر فهى أقل أهمية من خامات معظم العصور الأخرى ، وقد وجدت كميات قليلة نسبيا من الفحم فى شمال كارولينا وفرجينيا لكن أهميتها الاقتصادية ليست كبيرة ، كما أن هناك رواسب ملحية اقتصادية فى أوروبا ٠

عصر الجوراسى Jurassic :

اشتق اسم هذا العصر من جبال جورا الواقعة بين فرنسا وسويسرا،

وقد استمر الجوراسي ٥٩ مليون سنة كما اشتهرت بسبب تلك الزواحف الشاذة التي عاشت في خلاله .

وخلال معظم عصر الجوراسي تعرض الجزء الشرقي من الولايات المتحدة للتحات ، بينما كانت هناك ترسيبات بحرية وقارية في الجزء الغربي ، وقد اكتسبت بعض تكوينات الجوراسي (مثل تلك الممثلة في « متنزه زيون القومي » و « قنطرة رينبو بالمتحف القومي » في يوتاه) شكلا جميلا يجذب الأنظار .

وقد حدثت « الحركة النيفادية » قرب نهاية هذا العصر ، وقد أدت الثنيات والنشاط الناري لهذه الحركة الى تكوين سلسلة جبلية تمتد من كاليفورنيا ونيفادا الى منطقة كولومبيا البريطانية (غرب كندا) ، ومن ضمنها منطقة سييرا نيفادا في كاليفورنيا حيث كونت المتدخلات النارية بعضا من أغنى العروق المنتجة للذهب في العالم أجمع .

ويبدو أن المناخ في الجوراسي كان معتدلا ومنتظما ، لكن توجد دلائل على حدوث جفاف شبه صحراوي في مناطق بجنوب غرب الولايات المتحدة .

وقد ازدهرت الحياة في الجوراسي وانتشرت النباتات والحيوانات على اليابسة وفي البحر وفي الجو أيضا وبأعداد كبيرة ، وقد تنوعت نباتات الجوراسي وانتشرت ، كما ازدهرت السيكاديات لدرجة أن الجوراسي يسمى « عصر السيكاديات » ، واشتملت الغابات في هذا العصر على السرخسيات والسرخسيات الشجرية والسيكاديات وذيل الحصان والسمار (الحلفا) والمخروطيات (كالصنوبر) .

كما تميزت اللافقاريات بالانتشار ، وامتلأت البحار بالمرجانيات البانية للشعاب واسفينيات القدم والبطنقدميات والمثقبات والحزازيات وكثير من أنواع اللافقاريات الأخرى ، ومثلما حدث في الترياسي فقد زادت أعداد الأمونيات والبلمانيت لأن كلا من هاتين المجموعتين قد وصل الى قمة تطوره خلال هذا العصر ، كما زادت أعداد القشريات كالجمبري وسرطان الماء ومفصليات أخرى ، أما اللافقاريات التي على اليابسة فقد شملت الحلزونيات الأرضية وأنواعا من الحشرات ومفصليات أخرى .

وفيما يخص الفقاريات فقد سادت الزواحف وعلى وجه الخصوص مجموعة الدينوصورات ، وبالنسبة للأسماك فقد تعددت الأسماك العظمية الضخمة من النوع البدائي وكذا القروش ، أما البرمائيات فقد قلت أعدادها عما كان عليه الحال في الترياسي والبرمي ، بينما تزايدت أعداد الزواحف بدرجة كبيرة .

وعلى اليابسة ظهرت الديناصورات ذوات الأربع من آكلات النباتات ممثلة فى جنس « برونتوســـاوروس » (شـــكل ١٥٨ ـ أ) وجنس « ديبلودوكوس » وقد وصل طولها الى ٢٧ مترا ووزنها الى عشرات الأطنان، كما ظهرت أنواع من آكلات اللحوم مثل « اللوساوروس » الذى كان يمشى على رجليه الخلفيتين ووصل طوله الى عشرة أمتار ، كما ظهرت الديناصورات المدرعة مثل « ستيجوساوروس » (شكل ١٥٩) فى ذلك العصر ٠

وفى الجوراسى ظهرت أيضا أول الزواحف الطائرة مثل «بتيروساور» (شكل١٥٦) وهى كائنات غريبة لها عظام مجوفة وأجسام صغيرة وضعيفة، ومنها جنس رامفورينكوس وهو أحد الأنواع الصغيرة المميزة للجوراسى ، وكان له ذيل وأسنان حادة وقد وصل امتداد جناحيه الى حوالى ٦٠سنتيمترا، كما استمر وجود الزواحف البحرية مثل حرذون الماء والبليزيوساور فى بحار الجوراسى ٠

أما الحدث المهـم فهو ظهور الطيور ، فقد تم اكتشاف وجود بقايا مكونة من ريشة واحدة وجمجمتين وشظايا من جمجمة ثالثـة وذلك فى الأحجار الجيرية من سولنهافن فى بافاريا (بألمانيا) ، وتمثل هذه البقايا الطائر البدائى المعروف باسم « أركيوبتيريكس » الذى مازال محتفظا ببعض صفات الزواحف مثل الأسنان والمخالب التى كانت فى جناحيه (شكل ١٦٦) ، وبالرغم من ذلك فان وجود الريش يضع هذا الكائن ضمن طائفة الطيور ٠

وفى صخور هذا العصر ظهرت حفريات مؤكدة لبعض الثدييات ، وقد ثبت وجودها فى بقـايا مفتتة تمثل حيوانا فى حجم الفار الكبير ، ويبين تركيب أسنانها أن بعضا منها كان آكلا للنباتات بينما البعض الآخر كان آكلا للحوم ٠

وتتمثل خامات الجوراسى فى وجود الفحم بالصين والمجر وأستراليا وسيبيريا واليابان وبلاد أخـرى ، ويوجد النفط فى صخـور الجوراسى بولايـات ويومنـــج واركانســـاس والشـــاطىء الخليجى للويزيانـــا وتكساس (١٠٣) ، وكما ذكرنا مسبقا فقد تم استخراج كثير من الذهب فى الجزء الغربى من جبال سييرا نيفادا فى كاليفورنيا ، اذ يوجد الذهب فى عروق الكوارتز التى يعتقد أنها تكونت خلال عصر الجوراسى ٠

---

(١٠٣) يوجد الفحم فى صخور الجوراسى بمصر وبلاد عربية أخرى كما يوجد البترول ايضا فى صخور هذا العصر فى السعودية وغيرها ـ (المعرب) ٠

عصر الطباشيرى Cretaceous :

أو عصر « الكريتاسى » وقد استمر ٧١ مليون سنة تقريبا ، ويتميز بوجود طبقات سميكة من الحجر الجيرى الطباشيرى الأبيض ، وفى الواقع فان اسم « كريتاسى » مشتق من الكلمة اللاتينية « كريتا » التى تعنى طباشير ، وقد درست طبقات الطباشيرى لأول مرة فى الجروف البيضاء عند مدينة دوفر والتى تطل على القنال الانجليزى ٠

وخلال العصر الطباشيرى غمر البحر المناطق الشاطئية الأمريكية المطلة على المحيط الأطلنطى وخليج المكسيك ، وتكون بحر داخلى كبير من خليج المكسيك حتى المحيط المتجمد الشمالى ، ويمثل هذا البحر الضحل آخر غمر كبير للقارة الأمريكية الشمالية وفيه ترسبت طبقات سميكة من الحجر الرملى والطفلة الصفحية والحجر الجيرى (١٠٤) ٠

وفى نهاية حقب الحياة الوسطى حدثت ثورة « لاراميد » وهى فترة جرت فيها تشوهات شديدة للقشرة الأرضية وتكون خلالها نسق « جبال روكى » (غرب أمريكا الشمالية) ، وقد صاحبت هذه الثورة الكبرى عمليات كبيرة من الثنى والتصدع ونشاط بركانى وافر ٠

وقد تميز الطباشيرى بمناخ معتدل دافىء (وان كان أقل دفئا من الجوراسى) ، وقد تأيد ذلك الاستنتاج من أنواع الحفريات والرسوبيات التى تحتويها صخور هذا العصر ، على أن هناك دلائل على حدوث تثلج فى بداية الطباشيرى فى أستراليا ٠

وقد شملت الحياة النباتية فى الطباشيرى المبكر السيكاديات والمخروطيات والسراخس التى تشبه نباتات الجوراسى ، وفى وسط الطباشيرى ظهرت النباتات المزهرة ، وفى نهاية الطباشيرى كانت المجموعات النباتية مشابهة تماما لما نراه الآن ٠

وقد ازدحمت بحار الطباشيرى الدافئة الضحلة بأنواع كبيرة من اللافقاريات والتى تشابه أنواع الترياسى والجوراسى فى شيوع الرخويات، كما ساهمت المثقبات ذات الأصداف الجيرية فى بناء طبقات سميكة من الحجر الجيرى ، وكان الكثير من أجناسها حفريات دليلية مفيدة فى تقسيم صخور الطباشيرى ، كما عاشت أعداد كبيرة من أسفينيات القدم والبطنقدميات والراسقدميات (ولاسيما الأمونيات التى كانت لها أنواع

---

(١٠٤) غمر البحر أيضا أجزاء كبيرة من معظم سواحل القارات فى هذا العصر ووصل فى مصر حتى أسوان ، وترسبت فيه طبقات من حجر النوبة الرملى وأحجار جيرية تحتوى على الفوسفات ، كما حدث نشاط نارى أيضا ٠ (المغرب) ٠

كثيرة وانتشار كبير) ، كما كانت الجلد شوكيات ممثلة بقنافذ البحر والقنافذ التى تشبه القلب ، ثم نجوم البحر والنجوم الهشة بدرجة اقل ٠

وقد سادت الدينوصورات على باقى الفقاريات الأخرى وانتشرت معها باقى الزواحف وكذا الأسماك والطيور والثدييات البدائية ، وكانت الأسماك شبيهة بما يوجد فى بحار عصرنا الحالى وكانت لها حفريات كثيرة ، كما زاد تخصص الطيور وانتشارها عن أى وقت مضى وتركت سجلا حفريا مهما ، وأهم ما كان يمثلها طائر «هيسبرورنيس»الكبير الذى لايطير(١٠٥)، وكانت ثدييات الطباشيرى صغيرة وقريبة الشبه بالزباب (١٠٦) والقنفذ كما نراهما الآن ٠

وقد بدأت الزواحف فى السيطرة على اليابسة والبحر والهواء ، وتطورت منها أنواع أكثر غرابة من كل ما سبق ، وقد مثلت مجموعة « أورنيثوبودا » بأجناس مثل « تراكودون » (ويعرف أيضا باسم « أناتوساوروس » (انظر شكل ١٥٨ ــ ب) ، والدينوصورات المماثلة التى تشبه حيوان منقار البط الذى يعيش الآن ، كما أن مجموعة انكيلوسوريا المدرعة التى كانت تمشى على أربع وتتغذى بالحشائش قد عاشت فى الطباشيرى فقط ويمثلها حيوان « انكيلوساوروس » (شكل ١٥٨ ــ جـ)، والأكثر غرابة هى مجموعة سيراتوبسيا ذات القرون ومنها حيوان « ترايسيراتوبس » أو ثلاثى القرون (شكل ١٥٨ ــ د) وهو أكبر أجناس هذه المجموعة من حيث الحجم وكان يمشى على أربع ويتغذى على النباتات ، وقد وصل طوله الى تسعة أمتار وطول جمجمته الى ١و٥ متر ، وكان له بوز يشبه منقار الببغاء ودرع عظمى ثقيل ومعرج لحماية الجزء الخلفى من الرقبة ، أما « التيرانوساوروس » وهو أضخم الدينوصورات الآكلة للحوم فقد وصل ارتفاعه وهو واقف الى ستة أمتار وطوله (من أول الرأس حتى آخر الذيل) الى ١٢ وأحيانا ١٥ مترا كما بلغ وزنه أطنانا عديدة (شكل ١٥٧) ، وكان طرفاه الأماميان صغيرين نسبيا وهما مزودان بمخالب حادة مناسبة لعمليتى مسك الفرائس وتمزيقها ، كما أن جمجمته الضخمة كانت مزودة بفكين قويين وأسنان تشبه الخناجر وقد وصل طول بعضها الى ١٥ سنتيمترا ٠

كما استمر تطور الزواحف الطائرة ، وخلال الطباشيرى عاشت أنواع جديدة وغريبة الشكل ، وأحد هذه الزواحف الطائرة المهمة هو

---

(١٠٥) تميز هذا الطائر البدائى بوجود أسنان فى منقاره ولم تكن له أجنحة وكانت له قدرة كبيرة على السباحة ــ (المعرب) ٠

(١٠٦) الزباب حيوان يشبه الفأر الكبير ويتغذى على الحشرات ــ (المعرب) ٠

« بتيرانودون » (شكل ١٥٦ ـ ب) الذى كان خفيف الوزن وذا عظام مجوفة ، كما كان طول جسمه أكثر قليلا من ٦٠ سنتيمترا لكن المسافة بين جناحيه تبلغ ١٥ مترا ، وكان ذيله قصيرا أما رأسه فقد تميزت بوجود امتداد مثلث طويل خلف الجمجمة ٠

كما كانت هناك نوعيات غريبة من الزواحف البحرية ، فقد واصل «الاكثيوساور» أو الحرذون السمكى (شكل ١٦٧ ـ أ) ، و «البليزيوساور» (شكل ١٦٧ ـ جـ) وجودهما منذ الترياسى لغاية الطباشيرى ، ثم ظهر « الموزاساور » خلال الطباشيرى وهو زاحف سابح يشبه السحلية (شكل ١٦٧ ـ ب) ، وهذه الكائنات الضخمة التى وصل طول بعضها الى ١٥ مترا كانت ذات جسم شبيه بالسحلية وذيل مبطط وأسنان كبيرة مقوسة وقد تحورت الأطراف الأربعة الى زعانف ، كما عاشت السلاحف البحرية الضخمة وهى مجموعة مهمة وصل طول بعضها (مثل الأرشيلون) الى ٣٫٣٠ مترا وعرضها عند الزعانف ٣٫٦٠ مترا ٠

والآن٠٠٠٠ماذا حدث للدينوصورات ؟ ولماذا انقرضت فجأة ؟(١٠٧) لا ريب أن هذا السؤال قد حير علماء الحياة والجيولوجيا لفترة طويلة ، اذ لم تنقرض الدينوصورات بسبب بيولوجى لأنها استمرت مزدهرة لأكثر من ١٠٠ مليون سنة واتخذت أشكالا وأحجاما مختلفة كما عاشت بنجاح فى بيئات عديدة ، ويمكن أن نخمن أسباب انقراضها فنعزوه الى أحد الافتراضات التالية :

١ ـ ربما كانت التغيرات المناخية والجغرافية فى نهاية الطباشيرى ذات طبيعة عنيفة جدا بحيث لم تستطع الدينوصورات التكيف مع هذه التغيرات ٠

٢ ـ ربما وصلت هذه المجموعة الى « فترة شيخوخة السلالة » ثم دنت « نهايتها » ٠

٣ ـ ربما اكتسحها وباء أو طاعون أنتشر فجأة (وان كان لايوجد دليل علمى على ذلك) ٠

٤ ـ ربما انقرضت بسبب تعود الثدييات الجديدة (التى كانت تتزايد بسرعة) على التغذية على بيض الدينوصورات ٠

٥ ـ ربما كان تغير الأنواع النباتية غير مقبول كغذاء للدينوصورات

---

(١٠٧) كلمة « فجأة » هنا تعنى بضعة ملايين من السنين من وجهة النظر الجيولوجية ـ (المعرب) ٠

من آكلات العشب ، فلم تستطع أن تتغذى عليه ، وباختفاء آكلات العشب انقرضت أيضا آكلات اللحوم (١٠٨) ، ويعتقد كثير من العلماء أن انقراض الديناصورات يرجع الى أكثر من سبب مما سبق ذكره ولايوجد أى احتمال للتعرف على الاجابة الصحيحة لذلك السؤال المحير ٠

وهناك أنواع كثيرة من الخامات فى صخور الطباشيرى ، فقد أمكن انتاج النفط والغاز الطبيعى من الطبقات الحاملة لها فى مئات الحقول النفطية فى جنوب لويزيانا حتى ألاسكا (١٠٩) ، كما أمكن استخراج رواسب فحمية تابعة لهذا العصر فى منطقة جبال روكى ، كما يتم استخدام الطير والطفلة الصفحية والحجر الجيرى من رسوبيات الطباشيرى فى صناعة الحراريات واسمنت بورتلاند كما تستخدم أيضا كأحجار للبناء ، أما الخامات المعدنية مثل خامات الرصاص والنحاس والخارصين والفضة فقد تكونت كنتيجة للنشاط النارى الذى صاحب « ثورة لاراميد » وقد أمكن استخراجها على مستوى اقتصادى فى منطقة جبال روكى (١١٠) ٠

حقب الحياة الحديثة Cenozoic Era :

أو « السينوزوى » ، وقد دام هذا الحقب حوالى ٦٥ مليون سنة وهو زمن قصير نسبيا بمقارنته بالأحقاب الجيولوجية السابقة ، وكلمة « سينوزوى » تعنى الحياة الحديثة وتشير الى الأعداد الكبيرة من النباتات والحيوانات الحديثة التى تطورت خلال هذا الحقب ٠

عصر الثلاثى Tertiary :

استمر هذا العصر حوالى ٦٣ مليون عام ، وقد اشتق اسمه من طريقة قديمة لتقسيم الصخور (بطل استخدامها الآن) ، وينقسم هذا العصر الى خمس فترات محددة Epochs ، وفيما يلى أسماؤها مرتبة وأقدمها من الأسفل مع شرح لأصل كل تسمية :

البليوسين : أكثر حداثة	Paleocene
الميوسين : أقل حداثة	Miocene
الأوليجوسين : الأقل حداثة	Oligocene
الأيوسين : فجر الحداثة	Eocene
البالييوسين : أقدم الفترات الحديثة	Pliocens

(١٠٨) وربما كانت ضخامة هذه الديناصورات احد العوامل التى ادت الى صعوبة تكاثرها ـ (المعرب) ٠

(١٠٩) ترجع معظم حقول النفط فى البلاد العربية الى هذا العصر ، كما توجد خامات الفوسفات فى صخوره فى بعض البلاد العربية ـ (المعرب) ٠

(١١٠) وبالمثل فان الجرانيت الوردى فى بعض البلاد العربية (مثل مصر) يحتوى على رواسب للقصدير والتنجستن والنيوبيوم وغيرها ـ (المعرب) ٠

وتشابه الملامح الجغرافية للثلاثى ما نراه من ملامح حالية فيما عدا الطغيان البحرى المتقطع فى كاليفورنيا وعلى طول السهول الشاطئية للأطلنطى وخليج المكسيك (١١١) ، وقد كانت معظم الأجزاء الغربية من أمريكا الشمالية فوق مستوى البحر خلال الثلاثى ، كما كانت هناك عمليات ترسيب قارية فى منطقة « السهول العظمى » وغرب الولايات المتحدة ، وقد احتوت هذه الرسوبيات القارية الضخمة على عدد كبير من بقايا ثدييات الثلاثى ، كما كونت مناظر باقية حتى الآن مثل منتزه برايس كانيون القومى فى يوتاه و « متحف بادلاندز القومى » فى داكوتا الجنوبية .

وفى خلال فترة الميوسين بدأت سلسلة من الحركات الأرضية ذات الانتشار الواسع غرب الولايات المتحدة (١١٢) ، واستمرت هذه الحركات بل وزادت شدتها حتى نهاية عصر الثلاثى ، وبلغت ذروتها فى « حركة الكاسكيد » التى رفعت جبال الألب فى أوروبا وجبال الهيمالايا فى آسيا و « السلاسل الساحلية » فى كاليفورنيا و « جبال كاسكيد » فى ولايتى أوريجون وواشنطن ، وقد عانت هضبة كولورادو من سلسلة من عمليات الرفع قرب نهاية الثلاثى مما جعل نهر كولورادو ينحر الهضبة بدرجة أكثر عمقا ، وفى نهاية فترات الرفع نحت نهر كولورادو منطقة « جراند كانيون » فى ولاية أريزونا .

كما توجد دلائل كثيرة على وجود نشاط بركانى كبير خلال عصر الثلاثى ، ويمكن رؤية هذه الدلائل متمثلة فى الانسيابات الكبيرة للابة فى هضبة كولومبيا وفوهات « متحف مون القومى » فى ايداهو والقمم البركانية الغربية الشهيرة مثل « مونت شاستا » و « لاسن بيك » فى كاليفورنيا و « مونت رينير » فى واشنطن و « مونت هود » فى أوريجون .

ومن المعتقد أن الحالات المناخية فى أمريكا الشمالية خلال الثلاثى كانت أدفأ وأكثر رطوبة وانتظاما مما هى الآن ، لكن المناخ صار أكثر برودة فى نهاية الثلاثى وأصبح مؤشرا لبداية « الزمن الجليدى الكبير » خلال البليستوسين .

---

(١١١) كما حدث طغيان وتراجع للبحر المتوسط عدة مرات ، كما حدث تراجع كبير فى نهاية الميوسين أدى الى انعزاله عن المحيط الأطلنطى وجفاف أجزاء كبيرة منه وترسيب الجبس ، وتعرف هذه الحادثة باسم « ازمة ملوحة البحر المتوسط » (المعرب) .

(١١٢) بالنسبة للشرق الأوسط حدثت حركات أرضية كثيرة خلال عصر الثلاثى ، وتكونت جبال أطلس الصحراوى وأطلس التلى وبرزت جبال على جانبى البحر الأحمر كما بدأ تكون هذا البحر كمنطقة خسف ، كما حدث نشاط بركانى كبير أدى الى تكوين طفوح بازلتية فى مناطق متعددة ـ (المعرب) .

وبسبب التشابه المميز بين الأنواع الكثيرة لكائنات الثلاثى والرباعى فان أشكال الحيـاة خلال هذين العصرين سوف تناقش فى جزء تال ٠

وخامات الثـلاثي كثيرة ومتنوعة وذات أهمية كبيرة ، ويسـتخرج النفط (من بعض أكبر حقول النفط فى العالم) من صخور الثلاثى ولاسيما فى كاليفورنيـا والمنطقة المطلة على خليج المكسيك فى ولايتى تكسـاس ولويزيانا ، كمـا يتم انتـاج النفط فى شرق جبال الأنديز وفى الشرق الأوسط (١١٣) وروسيا وأجزاء من أمريكا الجنوبية من صخور الثلاثى أيضا ، ويستخرج كثير من ملح الطعام من القباب الملحية التى تقع على طول خليج المكسيك فى ولايتى تكساس ولويزيانا ، وربما كان ترسيب الملح فى عصر سابق للثلاثى لكن قبـاب الملح قد اخترقت صخور الثـلاثى ، وتصاحب هذه القباب طبقات كثيرة منتجة للنفط ، وقد كان أحد أقـدم الاكتشافات النفطية (الذى تم عام ١٩٠١) عند قبة ملحية فى « سبيندل توب » فى بيمونت بولاية تكساس ٠

كما يستخرج الفحم الحجرى من صخور الثلاثى فى ويومنج ومونتانا وواشنطن وأوريجون ، كما يوجد الليجنيت (انظر الفصل الخامس) فى منطقة خليج المكسيك وفى داكوتا الجنوبية ، كما توجد الطينة الدياتومية فى كاليفورنيا وفيرجينيا وميريلاند ، وهى مادة تعـرف أيضـا باسم « الدياتوميت » وتتكون من أعداد لا تحصى من بقايا الدياتومات (وهى نباتات وحيدة الخلية لها صدفة من السيليكا) ، والدياتوميت صخر أبيض عالى المسامية يستخدم فى أغـراض الترشيح وكمادة عازلة وفى صناعة الورق والبويات ومساحيق السحج والبلاستيك والصابون ٠

وتوجد خامات معدنيـة كبيرة ومهمة فى صخور الثلاثى (١١٤) ، ويرجع تكوين معظم هذه الخامات الى المتدخلات النارية فى صخور الثلاثى ، وتشمل معظم خامات النحاس والذهب والفضـة فى جبال روكى ودول المكسيك وبوليفيا وبيرو ٠

عصر الرباعى Quaternary :

وقد اشتق اسمه (مثلما فى حالة العصر الثلاثى) من طريقة قديمة

---

(١١٣) يتم انتاج النفط من طبقات الثلاثى (فترة الميوسين) فى مناطق متعددة قرب خليج السويس وكذا فى مناطق أخرى ـ (المعرب) ٠

(١١٤) وفى البلاد العربية توجد خامات للفوسفات فى صخور الايوسين (كما فى المغرب) وخامات للرصاص وللخارصين والجبس على جانبى البحر الأحمر ٠٠ الخ ـ (المعرب)٠

لتقسيم الصخور بطل استخدامها الآن ، وهو عصر قصير نسبيا (حوالى مليون سنة) وينقسم الى فترتين هما البليستوسين Pleistocene . والهولوسين Holocene &

وتتميز فترة البليستوسين (والتى تعرف أيضا باسم « الفترة الجليدية الكبرى ») بوجود أربعة عهود ثلجية كبرى تتخللها ثلاثة عهود من الدفء انصهر الجليد خلالها وقد أدت برودة المناخ الى تكوين ملاءات جليدية كبرى فى شمال أوروبا وسيبريا وشمال أمريكا ، كما أدى ذلك الى انقراض كثير من نباتات وحيوانات عصر الثلاثى ، وفى القارة الأمريكية غطت هذه المثالج الكبرى معظم أراضى كندا وامتدت حتى وصلت الى جنوب ولاية ايلينويز (فى الولايات المتحدة) .

وقد كان لهذه الكتل الكبيرة من الجليد تأثير ظاهر على الأرض مما أدى الى تذبذب مستوى سطح البحر وانخفاض سطح اليابسة ، وتغير كبير فى نظام الصرف لكثير من الأنهار ، وعندما كانت المثالج تتحرك على سطح الأرض كانت تكتسح أطنانا من التربة وتجرف سطح صخر الأديم ، وبالاضافة الى ذلك فان جليد البليستوسين هو المسئول عن تكوين عدد كبير من البحيرات فى كندا وشمال الولايات المتحدة والتى تشمل البحيرات العظمى وبحيرة « فينجر » فى ولاية نيويورك .

ويعتبر الحد الفاصل بين البليستوسين والهولوسين هو الزمن الذى حدث فيه انسحاب لآخر ملاءة جليدية فى أوروبا وشمال أمريكا ، وان لم يكن هذا الحد ظاهرا فى كل الأحيان ، وقد حدث هذا منذ حوالى ١٢ ــ ١٥ ألف سنة مضت .

وتتميز أنماط الحياة فى الحقب الحديث بوجود النباتات والحيوانات التى تشبه (فى كثير من النواحى) الكائنات التى نراها اليوم ، فالكائنات البحرية تتشابه تماما مع الكائنات الموجودة الآن ، وقد زادت أعداد الثدييات لدرجة أنها أصبحت تحكم الأرض بالمعنى اللفظى للكلمة ، كما كانت نباتات الحقب الحديث شبيهة بما فى وقتنا الحاضر ، وقد كونت غابات الأشجار الضخمة وسهول الحشائش البيئة المناسبة لازدهار الثدييات أما الحيوانات اللافقارية فهى تشبه أسلافها التى عاشت فى الطباشيرى لكنها تبدو حديثة المظهر ، وتصلح بعض أجناس المنقبات (الموجودة بأعداد لا تحصى) لأن تكون حفريات دليلية لعصر الثلاثى ، وهى تستخدم بنجاح للتعرف على الطبقات الحاوية للنفط ، كما انتشرت المرجانيات والحزازيات والجلد شوكيات (وقنافذ البحر بوجه خاص) والمفصليات ، أما المسرجيات التى كانت مزدهرة فى بحار الحقب القديم

فقد أصبحت الآن قليلة العدد وفقيرة فى التنوع ، وعلى النقيض من ذلك فقد انتشرت الرخويات كمجموعة من اللافقاريات البحرية الحديثة ، لكن الأعداد الكبيرة من الأمونيات والتى كانت منتشرة فى الحقب الأوسط قد اختفت الآن وحل محلها أعداد لا تتحصى وأنواع كثيرة من اسفينيات القدم والبطنقدميات ومنها المحار والاويستر والحلزونيات التى نراها اليوم .

كما كانت فقاريات الثلاثى كثيرة ، وتوجد منها حفريات جيدة للأسماك والبرمائيات والزواحف والطيور وأيضا الثدييات بوجه خاص ، وقد كانت أسماك الثلاثى كثيرة وتشمل عددا كبيرا من الأسماك العظمية والقروش ، وقد وصل طول بعض القروش من ٨ الى ٢٤ مترا وبلغ طول أسنانها ١٥ سنتيمترا ، وقد مثلت البرمائيات بالسمندر والضفادع البرية (العلاجم) والضفادع العادية ، وقد تضاءلت حشود الزواحف التى كانت سائدة فى الحقب الأوسط ، واقتصرت على الأفاعى والسحالى والتماسيح والسلاحف البرية والمائية والتى كانت أعدادها فى الثلاثى تماثل أعدادها فى الوقت الحاضر .

وكانت معظم طيور الثلاثى شبيهة بما نراه الآن ، ومما يؤسف له أن عظامها ذات الطبيعة الهشة لم تسمح بوجود حفريات كثيرة لها ، ومن المجموعات ذات الأهمية الخاصة والتى عاشت فى الثلاثى ما يمكن أن تسميه بالطيور العملاقة وقد وصل ارتفاع بعض هذه الطيور الشبيهة بالنعام والتى لم تكن لها القدرة على الطيران) الى ثلاثة أمتار ، ووضعت بيضا طوله ٣٠ سنتيمترا ، ومن نماذج هذه الطيور الغريبة جنس « ديينورنيس » وجنس « دياتريما » (شكل ١٦٨) .

أما التطور الأكبر فقد كان من نصيب الثدييات ، فقد كانت ثدييات فترة الباليوسين بدائية وصغيرة ، ولم تكن مشابهة تماما لثدييات اليوم ، لعل الأنواع التى ظهرت فى الأيوسين فقد زاد حجمها وشملت القوارض القديمة والجمال والخرتيت ، وقد ظهر أقدم أنواع الخيل (الذى يسمى هيراكوثيريوم ، أو ايوهيبوس ، انظر شكل ١٦٩) فى الباليوسين أيضا ، كما ظهرت مجموعة أخرى فى الأيوسين هى « الكريودونت » وهى أسلاف آكلات اللحوم الحالية .

وخلال فترة الأوليجوسين اتخذت الثدييات شكلا أكثر حداثة من الأنواع التى سبقتها فى الباليوسين والأيوسين ، وقد شملت هذه الأنواع المتقدمة الكلاب والقطط والجمال والخيل والخرتيت والخنازير والأرانب والسنجاب ثم الأفيال الصغيرة التى ظهرت فى أفريقيا) (١١٥) .

(١١٥) هذه الأفيال الصغيرة يمثلها جنس « فيوميا » الذى عاش فى فترة الأليجوسين فى الفيوم جنوب غرب القاهرة - (المعرب) .

وفى الأيوسين والأوليجوسين عاشت أيضا بعض الثدييات الغريبة التى لا تشبه ما هو موجود الآن ، وتشمل الديبنوسيراتا (أو ذوات القرون المرعبة) أو الوينتاثير ، وهى وحوش ضخمة تشبه الخرتيت وصل ارتفاع بعضها عند الأكتاف أكثر من مترين ، وأهم ما يميزها هو حيوان « الوينتاثيريوم » (شكل ١٧٠ — أ) ، كما أن هناك مجموعة أخرى من الثدييات الضخمة التى عاشت أيضا فى الحقب الحديث المبكر وهى مجموعة تيتانوثير التى ظهرت لأول مرة فى الأيوسين ، وبالرغم من أنها كانت فى حجم الشاة عند ظهورها الا أنها تضخمت وأصبحت عملاقة فى منتصف الأوليجوسين ، وقد كان « البرونتوثيريوم » (شكل ١٧٠ — ب) أضخم الحيوانات الثديية التى وجدت حفرياتها فى أمريكا الشمالية وهو يشبه الفيل وقد وصل ارتفاع جسمه عند حوالى ٢ر٥ متر ، وقد كان له قرنان عظمى كبير يبرز من الجمجمة يمتد على شكل قرن مفلطح يتشعب عند قمته .

وخلال فترة الميوسين زادت أنواع الثدييات وأصبحت أكثر انتشارا لدرجة أن هذه الفترة تسمى « العصر الذهبى للثدييات » ، ويعزى هذا التطور السريع للثدييات فى جزء كبير منه الى زيادة مساحات الحشائش التى غطت السهول والبرارى فى فترة الميوسين ، وفى أمريكا الشمالية عاشت أعداد متزايدة من الخيل والجمال والغزلان والخنازير والخرتيت والثدييات الأخرى التى نعرفها ، وقد كان للبليستوسين أيضا نصيب من الثدييات الغريبة التى انقرضت الآن ، وأهم ما يستحق الذكر ذلك الخرتيت الضخم الذى لم تكن له قرون ويعرف باسم « بالوشيثيريوم » ، وهذا المخلوق الهائل الذى كان أضخم الثدييات التى عاشت على اليابسة حتى ذلك الوقت وصل طوله الى تسعة أمتار وارتفاعه عند الأكتاف ٥ر٢ متر ، وقد ظهرت مجموعة البالوشيثير لأول مرة فى الأوليجوسين ثم انقرضت فى الميوسين ، ويبدو أن هذه الحيوانات قد عاشت فى آسيا فقط اذ لم توجد حفرياتها فى أى مكان آخر ، وهناك أيضا مجموعة مهمة عاشت فى الأوليجوسين والميوسين هى « الأنتيلودونت » أو الخنازير الضخمة ، وقد وصل ارتفاع بعض هذه الكائنات الغريبة (شكل ١٧١) الى ١ر٨ مترا عند الأكتاف .

وفى البليوسين كانت الثدييات أكثر تطورا من تلك التى عاشت فى الفترات المبكرة من الثلاثى ، وقد انتشرت مجموعة « كسلان الأرض » العملاقة مثل « الميلودون » (شكل ١٦٠) فى جنوب الولايات المتحدة خلال فترتى البليوسين والبليستوسين ، ووصل طول بعضها الى ٥ر٤ متر ووزنها الى عدة أطنان ، كما عاشت أيضا مجموعة الجليبتودونت (شكل ١٧٣) وهى ذات قرابة للأرمادييللو أو المدرع .

وخلال البليستوسين حدث تطور كبير لمجموعة ذوات الخرطوم (الأفيال وما يشابهها) ، وقد انتشر « الماستودون » و «الماموث ذو الفراء» (شكل ١٦٢ ـ ب) في أمريكا الشمالية كما انتشر أيضا الخرتيت ذو الفراء (شكل ١٦٣ ـ أ) ، وقد تمثلت آكلات اللحوم في حيوان « سميلودون » وهو من القطة ذات الأسنان السيفية (شكل ١٦٢) و « كانيس دايروس » أو « الذئب المرعب » (شكل ١٧٣) ، وقد تميز حيوان السميلودون (الذى قارب حجمه الأسد الحالى) بفكوك قوية وأنياب عليا متطورة تشبه الخنجر ، أما الذئب المرعب فقد كان أكبر كثيرا من أى حيوان معاصر من مجموعة الكلاب ، وكان منتشرا (والسميلودون أيضا) في جنوب كاليفورنيا خلال البليستوسين ، وقد وجدت بقايا لهذين الحيوانين المنقرضين وبأعداد كبيرة في حفر القطران المسماة « لابريا » في مدينة لوس أنجيلوس .

وربما كان أكثر الأمور اثارة للاهتمام من كل أحداث البليستوسين هو ظهور أقدم الأنواع الانسانية المعروفة ، وسوف نناقش في الفصل التالى تطور الرئيسيات والتاريخ الجيولوجى للمجموعات الانسانية .

الفصل الثالث والعشرون

التاريخ الجيولوجى للمجموعات الانسانية

البشر هم أحدث الكائنات بالنسبة للتاريخ الجيولوجى للأرض ، فقد ظهر الانسان في فترة البليستوسين (أو العصر الثلجى الكبير) ، وبالرغم من أن الدراسة التفصيلية لتطور الانسان تعتبر خارج مجال هذا الكتاب فاننا سوف نستعرض باختصار بعض الأحداث الأكثر أهمية فى تطور النوع الذى ننتمى اليه .

وتتميز الرئيسيات (وهى رتبة ثديية تشمل الانسان) بأن لها دماغا متطورا وأطرافا طويلة وأظافر تشبه الكأس أو مفلطحة عند أطراف الأصابع المرنة ، والى جانب الانسان تشمل هذه الرتبة المتطورة حيوانات أخرى مثل الليمور والليمور الهندى والقردة والقردة العليا ، وينتمى الانسان مع القردة العليا والقردة الى تحت رتبة « أنثروبويديا Anthropoidea » (مقطع انثروبوس Anthropos فى اللغة الاغريقية يعنى الانسان أما مقطع « ايديوس eidos » فيعنى « شبيه ») ، وتتميز شبيهات الانسان أو « الأنثروبويديا » بوجود عينين متسعتين تتجهان للأمام وأسنان متخصصة نسبيا ومخ ذى حجم كبير ، ويستطيع معظمها أن يجلس فى وضع قائم بحيث تكون اليدان فى وضع حر وقادرتين على الامساك بالأشياء ، وبسبب التشابه الواضح بين القردة العليا والانسان فقد وضعا فى فوق عائلة « هومينويديا Hominoidea » أو « شبيهات الانسان Hominoids » ثم وضع الانسان وحده فى عائلة « هومينيدى Hominidae » أو « العائلة الانسانية Hominids » .

ومن المؤسف أن السجل الحفرى للرئيسيات ليس كاملا بالطريقة التى يرضى عنها علماء الحفريات ، ومع ذلك فقد أمكن تجميع الصورة الكاملة للتاريخ الجيولوجى للانسان وذلك عن طريق الدراسات المتقدمة فى علم الحفريات وتاريخ الانسان القديم .

الرئيسيات الأولى :

وجدت بقايا لما يعرف باسم الرئيسيات الأولى فى صخور الطباشيرى العلوى بولاية مونتانا ومنها جنس « بورجاتوريوس » وهو من الرئيسيات القديمة التى يحتمل أنها تطورت من الثدييات البدائية الآكلة للحشرات التى عاشت فى الطباشـــيرى ، أما جنس « بليزيادابيس » الذى عاش فى الباليوسين فقد كان من الرئيسيات المتخصصـــة التى كانت تتغذى على البذور والحشرات ، وكانت له أذنان صغيرتان وخطم (أى بوز) طويل حاد وأصابع مرنة مهيأة للامساك بالأشياء .

وفى فترة الأيوسين تطورت الرئيسيات فى اتجـــاه تزايد حجم المخ وانتقال محاجر العينين الى الأمام ، وقد وضحت هذه الملامـــح فى جنس « نوثاركتوس » الذى وجدت بقاياه فى بعض تكوينات الأيوسين فى غرب الولايات المتحدة ، وقد كان لهذا الحيوان ذيل طويل ووجه صغير وكان يعيش على الأشجار ويحمل شبها لحيوان الليمور الحديث ، ومع ذلك فان الليمور الحديث لا يوجد الآن فى القارة الأمريكية ولكن معظمه يعيش فى جزيرة مدغشقر كما توجد أعداد قليلة منه فى أفريقيا وأندونيسيا .

أما الليمور الهندى فهو مخلوق صغير ذو أعين واسعة وله حجم الفأر الكبير ، وقد بدأ ظهوره فى الايوسين ، ويعيش هذا الحيوان الآن فى أدغال أندونيسيا والفيليبين ، لكن تاريخه الحفرى يدل على أنه عاش فى أمريكا الشمالية وأوروبا خلال الأيوسين .

وقد ظهرت القردة العادية والقردة العليا فى الأوليجوسين المبكر ، وقد وجدت بقـــايا قرد وهو « بارابيثيكوس Parapithecus » فى مصر (فى الفيوم) ، وكذلك وجدت عظام أقدم أجناس القردة العليا المعروفة وهو « بروبليوبيثيكوس » ، كما وجـدت فى صخور الميوسين بأفريقيا حفريات لأحد القردة العليـا المهمة وهو « درايوبيثيكوس Dryopithecus » (أو قرد الأشـجار ويسمى أحيانا « بروكونسول Proconsul ») ، وقد كانت له صفات تشريحية خاصـة تجعلنـا نعتقد أنه كان أحد أسـلاف الشمبانزى والغوريلا والانسان .

الانسان القديم :

من المعتقد أن تطـور قرد الأشجار « درايوبيثيكوس » قد أدى الى ظهور الغوريلا والشمبانزى والأورانج أوتان وأقدم نوع انســـانى وهو « رامابيثيكوس Ramapithecus » ، ويعتقد أيضـــا أن هذا النـوع

الأخير هو الذى تطورت منه كل الحفريات الانسانية ، وقد أمكن التعرف على جنس رامابيثيكوس من الأسنان وأجزاء من الفكوك التى وجدت فى طبقات الميوسين والبليوسين فى الهند وشرق أفريقيا والصين وجنوب أوروبا ، وعند اعادة بناء هذه البقايا أمكن تصور أن هذا الكائن كان صغير الحجم نسبيا يمشى على قدمين ، ويتراوح من ٩٠ الى ١٢٠ سنتيمترا وله وجه قصير وأسنان تشبه مالدى الانسان ، وقد ظهر نوع آخر فى البليوسين المتأخر أو البليستوسين المبكر ويعرف باسم « أوستراوبيثيكوس أفريكانوس » وقد وجدت بقاياه لأول مرة فى جنوب أفريقيا عام ١٩٢٤ ، وتميز هذا الكائن (الذى يعنى اسمه « قرد الجنوب الأفريقى ») بجمجمة تشبه جمجمة القردة العليا وكان يمشى على قدميه ، وكان طوله أقل من ١٥٠ سنتيمترا كما كان يقف ويمشى وهو منتصب القامة ، وبالرغم من أن حجم مخه لم يزد عن نصف حجم مخ الانسان المعاصر فانه كان صيادا ماهرا يستخدم العصى والأحجار كأسلحة وربما استطاع ابتكار أدوات بسيطة ، كما وجدت حفريات فى منطقة أولدوفاى جورج فى تنزانيا عام ١٩٥٩ لكائن اسمه « أوستراوبيثيكوس بويزاى » (وقد أسموه قديما زينجانثروبوس بويزاى) وقد اكتشفه لويس ليكى ، وكان عمر هذا الكائن ١٫٧٥٨ مليون سنة على الأقل ، ومع ذلك فان الاكتشافات الجديدة تفترض أن هذه الكائنات الانسانية قد بدأ ظهورها منذ ٢٫٥٠ مليون سنة، وبالرغم من أن مجموعة أوستراوبيثيكوس قد انقرضت فى البليستوسين الأوسط فانها كانت ذات انتشار جغرافى واسع اذ وجدت بقاياها فى جاوه وشمال فلسطين والصين .

وبعد الأوستراوبيثيكوس ظهر « هوموايريكتوس Homoerectus » أو « الانسان منتصب القامة » كما اشتهر باسم « انسان جاوه » (شكل ١٧٤ — أ) والذى اكتشفت بقاياه لأول مرة على ضفاف نهر سولو قرب مدينة ترينيل بجزيرة جاوه عام ١٨٩١ ، وقد سمى عند اكتشافه « بيثيكانثروبوس ايريكتوس » أو « القرد الانسانى منتصب القامة » ، وقد ظهر هذا الكائن فى البليستوسين المبكر (ربما خلال مرحلة بين جليدية) وانقرض قرب نهاية البليستوسين الأوسط ، وجمجمة هذا الكائن تتشابه مع جمجمة القردة العليا ، فالجبهة مائلة أو مستوية كما أن الفك السفلى تنقصه عظمة الذقن ، لكن الأسنان تشبه مثيلاتها فى الانسان المعاصر كما أن حجم المخ يكاد يقترب من سعة مخ الانسان الحديث ، وبالاضافة لما سبق فان قالبا داخليا لقحفة الرأس يعطى دلائل على تطور للمخ قريب من مستوى الانسان الحديث ، وخاصة فيما يتعلق بمنطقة النطق ، ويبين ارتباط العضلات بعظمة الفخذ أن هوموايريكتوس كان منتصب القامة .

وبين عامى ١٩٢٧ ، ١٩٣٧ اكتشف العلماء بقايا حفرية لأكثر من ٤٠ شبخصا عاشوا فيما قبل التاريخ وذلك بالقرب من بكين فى الصين ، وقد سميت هذه الحفريات حينـذاك « زينانثروبوس بيكينينسيز » كما سميت أيضا « انسان بكين » ، وقد جمعت الهياكل العظمية من رسوبيات الكهوف التى احتوت أيضا على بقايا ثدييات انقرضت منذ البليستوسين الأوسط ، وحيث ان دماغ هذا الكائن وبعض عظامه مماثلة تماما للعظام المناظرة لها فى هومواير يكتوس ، لذلك فقد اعتبر العلماء أن انسان بكين وانسان جاوه هما نوع واحد بالرغم من أن انسان بكين يتميز بزيادة فى سعة فراغ المخ ، ومن المعتقد أن انسان بكين قد امتلك أدوات قاطعة من الحجر كما أنه تمكن من استخدام النار والتحكم فيها ، ويبدو أن انسان بكين كان من آكلى لحم البشر لأن الجزء السـفلى من معظم الجماجم كان مكسورا بطريقة يتاح بها الحصول على المخ كما أن كثيرا من العظام الطويلة كانت مكسورة بطريقة تمكن من الحصول على ما بها من نخاع ٠

بدء ظهور الانسان الحديث :

تطور « هوموسابينز Homo sapiens » (وهو النوع الوحيد الذى ينتمى اليه كل البشر الموجودين على الأرض الآن) من « هوموايريكتوس » (أى الانسان المنتصب القامة أو انسان جاوه) ، وقد ظهر الانسان الحديث قرب منتصف البليستوسين أى منـذ حـوالى مليون سنة ، وقد وجـدت مجموعة مبكرة تنتمى الى هذا النوع وهى « هوموسابينز نياندرتالينسيز Homosapiens neanderhalensis » أو انســـان نياندرتال الحديث الذى عاش فى أوروبا وأفريقيـا والصـين والشرق الأوســط منذ حوالى ١١٠٫٠٠٠ حتى ٣٥٫٠٠٠ عـام مضى ، ومن أشـهر حفـريات انسان نياندرتال التى درست لأول مرة تلك التى تشـمل قحفـة الرأس وبعض عظـام الأرجـل وقد أمكن الحصول عليها من قاع كهف من الحجر الجيرى فى وادى نياندرتال قرب دوسلدورف بألمانيا ، وقد تم اكتشاف هذه الحفريات عام ١٨٥٦ ولكن لم يمكن التعرف عليها كمجموعة انسانية متميزة الا عام ١٨٦٤ ، وقبل ذلك كان بعض العلماء يعتقدون أن هذه العظام تخص أشخاصا مـرضى بتشوه العظـام وأن الجمجمة تخص انسانا أبله أو ربما لانسان ينتمى للهمج البدائيين ، وقد اكتشفت جمجمة أخرى لأنثى شابة فى محجر بصخور جبل طارق عام ١٨٤٨ ومع ذلك لم يمكن التأكد من انتمائها لانسان نياندرتال الا عام ١٩٠٦ ، ومنذ الاكتشاف الأول عام ١٨٤٨ أمكن جمع جماجم كاملة وكثير من الجماجم الناقصـة لرجال ونساء وأطفال ، وتبين هذه البقايا الكثيرة أن انسان نياندرتال كان منتشرا وولودا خلال البليستوسين المتأخر ٠

وكان انسان نياندرتال قصيرا ممتلىء الجسم لايزيد طوله عن متر ونصف وكانت الرأس بارزة للأمام والكتفان خانعتين بحيث بدا الجسم مترهلا كما كانت كل من اليدين والقدمين كبيرة نسبيا والركبتان منحنيتين قليلا ، وكانت رأس انسان نياندرتال كبيرة ولها جبهة منخفضة والأنف مفلطح والذقن متقلصة وعظمة حافة الحاجب سميكة (شكل ١٤٧ – ب) ، وبالرغم من هذا الشكل البدائى فان سعة مخ انسان نياندرتال تقارب سعة مخ الانسان الحالى ، ويبدو أنه كان من سكان الكهوف وكانت حرفته الصيد لأن هياكله العظمية كانت دائما مصحوبة بأدوات حجرية مثل المكاشط ونصل الرماح والفؤوس ، كما كانت بقاياه مختلطة بعظام الحيوانات التى اصطادها ، وهذه الحيوانات كانت تشمل الماموث ذا الفراء ودب المغارات الضخم والثور الوحشى والحصان والخرتيت ذا الفراء ، ويبدو أن انسان نياندرتال كان ذا حضارة بدائية وقد استخدم النار ، ومن وضع بعض الهياكل العظمية لحظة اكتشافها وترتيب وضع الغذاء والأدوات الحجرية والأشياء المصنوعة بجانب عظامه ما يدل على أن هذا الانسان كان يدفن موتاه ، كما يدل أيضا على أنه كانت له معتقدات دينية أو طقوس للدفن .

وقد حلت مجموعة « هوموسابينز سابينز Homosapiens sapiens » أو « الانسان مكتمل الحداثة » مكان مجموعة انسان نياندرتال الحديث منذ حوالى ٣٥٫٠٠٠ الى ٤٠٫٠٠٠ عام مضى ، وأول طلائع الانسان مكتمل الحداثة هو انسان كرومانيون Cromagnon man » الذى بدأ اكتشاف بقاياه عام ١٨٦٨ عند الماوى الصخرى فى كرومانيون قرب قرية « ليزيزيس دى تاياك » فى وادى دوردون بفرنسا ، وقد اشتهر انسان كرومانيون من المجموعة الكبيرة من الهياكل العظمية التى أمكن الحصول عليها فى غرب ووسط أوروبا والتى تظهر أنها لانسان عصرى من كل الأوجه ، وكان متقدمة بدرجة كبيرة عن عظام انسان نياندرتال ، فقد كان انسان كرومانيون طويلا (يزيد طول هياكل كثيرة عن ١٨٠ سنتيمترا) وكان يمشى منتصب القامة وله أرجل طويلة نسبيا كما كانت عظام الفخذ مستقيمة ، وكان الرأس (شكل ١٧٤ – جـ) طويلا والجبهة عالية والأنف طويلا وعظمة الذقن ذات زاوية حادة ، وكان انسان كرومانيون متطورا من الناحيتين العقلية والبدنية ، لأن سعة المخ تساوى مثيلتها فى انسان العصر الحاضر ، وقد ابتكر أهل كرومانيون أدوات كثيرة مصنوعة بطريقة جيدة من حجر الصوان ومن العظام أيضا ، وكانت لهم قدرة فنية كبيرة وتدل على ذلك الأعداد الكبيرة من الرسوم والعظام المنحوتة التى وجدناها فى بعض الكهوف .

أما التطور المبكر للانسان المعاصر فيبدو أنه قد حدث فى بعض الأماكن بالعالم القديم ، ولو أن الاكتشافات الجديدة فى تيومكسيكو تبين احتمال وجود مجموعات من الانسان مكتمل الحداثة عاشت فى الدنيا الجديدة (أى الأمريكتين) منذ آلاف السنين ، وان كان معظم العلماء يعتقدون أن هذا الانسان قد وصل للنصف الغربى من الكرة الأرضية فى عهد متأخر نسبيا ، ومن الأمور المتفق عليها الآن أن السكان المبكرين للأمريكتين ينتمون للسلالة المغولية من الانسان المكتمل الحداثة ، ويبدو أن أجداد الأمريكان الأوائل قد هاجروا من شمال شرق آسيا (سيبيريا) الى ألاسكا عن طريق « مضيق بهرنج » ، ومن المحتمل أنه كانت هناك هجرات عديدة خلال هذا الطريق ، وربما حدثت الهجرة الأولى بعد التثلج الأخير فى فترة البليستوسين أى منذ حوالى ١٠٫٠٠٠ عام ، وقد وجدت آثار لهذه الهجرة وذلك فى أماكن متباعدة مثل تكساس وفلوريدا وواشنطن والمكسيك وبيرو ، ومن الواضح أن أول مجموعات بشرية وصلت الأمريكتين فى وقت يسبق انقراض ثدييات البليستوسين مثل الماموث والماستودون وكسلان الأرض والأنواع المنقرضة من الخيل والثيران الوحشية ، وفى الواقع فان لدينا من الدلائل ما يجعلنا نفترض أن انقراض بعض هذه الحيوانات الثديية (ولاسيما الماستودون والماموث) قد حدث بسرعة بسبب نشاط الصيد الذى قام به هؤلاء المهاجرون .

وقد أعطينا الآن ملخصا مختصرا لتطور الرئيسيات بوجه عام وتطور الانسان بوجه خاص ، والواقع أننا نمر الآن بلحظات مثيرة فى مجال دراسة الحفريات الانسانية ، اذ تتم حتى الآن اكتشافات جديدة ومستمرة ، وبالتالى فان أسماء وعمر بعض هذه المجموعات الانسانية قد تعرضت لبعض التغيير منذ كتابة هذه السطور (١١٦) . وكنتيجة لتقدم البحوث فى هذا الموضوع فان أبحاثا وكتبا كثيرة قد ألفت لتسجيل آخر الاكتشافات، وقد سجل بعضها فى الملحق الثالث من هذا الكتاب .

---

(١١٦) أى منذ عام ١٩٨١ وقت تأليف الكتاب المترجم ـ (المعرب) .

الملحق الأول

نصـائح للهـواة

أين وكيف تكون مجموعتك الخاصة من الصخور والمعادن والحفريات؟

كما فى معظم هوايات جمع العينات فان نجاح هواية جمع الصخور والمعادن يعتمد أساسـا على معرفتنا بأمكنة البحث عنها وأنواع الأدوات المستخدمة وأفضل الطرق لجمع العينات .

أدوات الجمع :

تعد هواية جمع الصـخور من الهوايات غير المكلفة نسبيا لأنهـا لا تتطلب الا القليل من التجهيزات والأدوات ، وكما هو الحال فى معظم الهوايات الأخرى فان هناك بعض المعدات التى يجب تحضيرها .

المطرقة (أى الشاكوش) :

وهى أداة أساسية فى صندوق معدات الهاوى ، ويمكن الاكتفاء بأى نوع من المطارق ، ولكن بعد اكتساب بعض الخبرة فى الجمع نجد أنه من الأفضل استخدام « مطرقة الجيولوجى » ، ومثل هذه المطرقة (التى تسمى أحيانا معول جمع المعادن أو معول الاستكشاف) تكون أحد نوعين أونهما له رأس مربعة من أحد الطرقين وعلى شكل سن مدبب من الطرف الآخر ، والنوع الثانى يشبه مطرقة عامل البناء وله حافة مبططة (مثل حافة الأزميل أو الأجنة) بدلا من السن المدبب ، وتفيد الرأس المربعة للمطرقة فى كسر الصخور شديدة الصلابة أو الحصول على شظايا منها أو تهذيب أطراف عينات الصخور الكبيرة ، أما الناحية المدببة أو المبططة فهى مفيدة فى الحفر وفى جس وتفتيت الصخور الأقل صلابة .

غرارة (كيس) الجمع :

من الضرورى أن يكون لدى الهاوى كيس كبير يحمل فيه معـدات الجمع وعينات الصخور والمعادن والأشياء الأخرى ، وقد تكون الغرارة على شكل حقيبة تحمل على الظهر (جربندية) مثل التى يحملها فتيان الكشافة،

أو حقيبة طويلة من القماش أو حقيبة الصياد أو أية حقيبة مشابهة من النسيج أو الجلد ٠

الأزميل :

قد يكون من المفيد أن يحمل الهاوى زوجا من الأزاميل للاستخدام فى قطع العينة وفصلها من الصخور المحيطة بها ، على أن تكون حافة أحدهما صغيرة (سنتيمتر واحد) وحافة الثانى كبيرة (ثلاثة سنتيمترات) كما أن وجود أزميل مدبب (زنبة) أو مخراز سوف يمكن الهاوى من استخراج العينات الصغيرة من الصخور قليلة الصلابة ٠

مواد اللف والتعبئة :

قد تكون بعض العينات هشة ولذا يلزم حملها بعناية ورفق ، ومن المفضل دائما أن يحمل الهاوى بعض أوراق الجرائد القديمة فى حقيبته ليلف كل عينة منفردة بمجرد قطعها ، ومثل هذه الاحتياطات قد تحمى العينات المهمة من التهشم ، وإلى جانب ورق الجرائد يجب استخدام ورق رقيق (مثل ورق التواليت) أو القطن وذلك حتى يتسنى لف العينات الهشة جيدا ، كما تستخدم أحيانا أنابيب من الزجاج أو البلاستيك بها بعض القطن لحفظ البلورات الرقيقة ٠

خريطة وكراسة صغيرة وقلم رصاص :

من المهم جدا أن تكون لدينا طريقة ما لتسجيل مواقع وجود العينات، اذ أنه من السهل جدا أن ينسى المرء مكان جمع هذه المواد ، ويجب ألا تعتمد على الذاكرة فى هذا الأمر ، ان حمل « نوتة جيب » صغيرة لا يكلف كثيرا ، كما أن هذا هو الحجم المناسب حمله فى الحقل ، ويجب استخدام خريطة للطرق السريعة أو للمنطقة كلها لتحديد الوضع الجغرافى لأماكن جمع العينات ، ويمكن الحصول على هذه الخرائط من « ادارة الطرق السريعة » بالمدينة (وفى بعض البلاد العربية يمكن الحصول على هذه الخرائط من « مصلحة المساحة » أو نوادى السيارات) ، وهذه الخرائط لها أحجام مختلفة لكن ما يناسب الهاوى هى الخريطة التى لا تزيد مساحتها عن ٥٠ × ٦٠ سنتيمترا وبمقياس رسم ١ ٠٠٠ر١٠٠ على الأكثر ٠

عدسة مكبرة :

ان وجود أية عدسة مكبرة (أو عدسة جيب) سوف يكون مفيدا فى فحص العينات الصغيرة ، كما يمكن استخدامها فى رؤية بلورات المعادن

فى الصخور الكبيرة ، وتكفى قوة تكبير ١٠ مرات لمعظم هذه الأغراض ، وهذه العدسة غير مكلفة ٠

أكياس من الورق أو القماش :

للأكياس الصغيرة فائدتها فى فصل عينات المناطق المختلفة عن بعضها ، أما بالنسبة للعينات الكبيرة ذات السطح الخشن (مثل كتل اللابة والجرانيت) فيفضل استخدام أكياس متينة ، ويمكن وضع العينات الصغيرة فى أكياس متوسطة المتانة كالتى توجد فى محلات البقالة ، ويمكن كتابة بيانات المنطقة مباشرة على الأكياس أو على ورقة توضع مع العينة داخل كل كيس ، وبعض الهواة يكتبون بكلتا الطريقتين كنوع من الاحتياط ٠

أدوات أخرى مهمة :

الأدوات السابق ذكرها هى التى يحتاج اليها الهاوى فى معظم الأحوال ، وهى تشمل الأدوات الأساسية فى عمليات جمع الصخور ، أما الهاوى الجاد فقد يرغب فى حمل أدوات اضافية تجعل هوايته شبيهة بعمل المهنيين (أو المحترفين) ، وفيما يلى عرض لبعض الأدوات المساعدة ٠

خريطة للتضاريس :

وهى خريطة المنطقة التى سيعمل بها الهاوى ، ويمكن الحصول عليها مستقلة أو ضمن تقرير جيولوجى من مصلحة الجيولوجيا بالعاصمة ٠

بوصلة :

وهى لازمة لتحديد الاتجاهات الصحيحة بمنطقة جمع العينات ٠

شريط لصق :

يمكن أن تكتب عليه المعلومات الخاصة بمكان العينة ثم لصقه مباشرة على العينة ٠

ورق بيانات :

حوالى ٨ × ١٣ سنتيمترا ، وتوضع واحدة منه مكتوب عليها البيانات فى كل كيس به عينة ٠

مطواة جيب :

وهى مفيدة فى الكشف عن صلابة الصخور والمعادن ، كما يمكن

استخدامها فى استخراج الحفريات وبلورات المعادن من الصخور اللينة ٠

حامض :

ويجب حمله باحتراس ، وقد يحتاج اليه الهاوى فى الكشف عن صخور الكربونات ، ويمكن شراء حامض الهيدروكلوريك المخفف من أية صيدلية أو متجر للكيماويات ، ويمكن وضعه فى زجاجة لها فوهة على شكل قطارة وتتسع لحوالى ٥٠ ـ ١٠٠ ملليلتر من الحامض ، وتكفى نقطة واحدة من الحامض للكشف عن وجود الحجر الجيرى ، وفى حالة وجوده سوف يحدث فوران (ملحوظة : اكتب على زجاجة الحامض كلمة « سام » وأبعدها عن متناول الأطفال ، واذا ما سقط الحامض على الملابس أو الجلد فاغسله بالماء بسرعة) ٠

أماكن جمع العينات :

يعتبر تحديد مواقع جمع العينات أمرا مهما بالنسبة لهواة جمع الصخور والمعادن ، وقد سبق ان ذكرنا ان الصخور والمعادن منتشرة حولنا، ولكن هذا لا يعنى أن الصخور الموجودة حولنا هى كل الأنواع المناسبة للجمع ٠

حاول أن تحصل على عيناتك من مكاشف الصخور التى تظهر على طول الطرق السريعة أو طرق السكك الحديدية أو على ضفاف المجارى المائية أو جوانب الأخاديد الصغيرة ٠٠ الخ ، قد تجد عند كل شاطىء أو جرف أو حفرة عينات مهمة لأنواع مختلفة من الصخور ، فان كان الصخر متأثرا بعوامل التجوية فان هذا سوف يجعل عملية استخراج العينة أكثر سهولة ، كما أن التجوية قد تزيل بعض المواد السطحية السائبة التى تغطى مكاشف الصخور فى كثير من الأحيان ٠

ومن الأماكن التى تصلح لجمع العينات فتحات المناجم والفنات الصخرى المستخرج منها وكذا الحفر التى فى الصخور والمحاجر ، ويجب على الهاوى أن يحصل على موافقة الجهة المختصة قبل دخول هذه المناطق (وكل المناطق الأخرى التى فى نطاق الممتلكات الخاصة) ، ويجب الاحتراس لأن بعض هذه المناطق لا تخلو من الخطورة ، ويراعى الانتباه للصخور الساقطة وشظايا الانفجارات ٠

وتعتبر انسيابات اللابة القديمة أمكنة مناسبة للبحث عن عينات الصخور البركانية ، وقد تكون الفقاعات الغازية فى هذه الصخور مبطنة ببلورات الكوارتز أو الكالسيت أو العقيق أو أى معدن آخر ٠

ويمكن أن نجد الصخور النارية فى المناطق الجبلية ، كما قد نجد كثيرا من البلورات المعدنية الدقيقة فى الصخور المتدخلة مثل الجدد الموازية

والقاطعة والتى قد تتكون من صخور الجرانيت أو البجماتيت .

ويمكنك البحث أيضا فى فتات الصخور على ضفاف المجارى المائية (ولاسيما تلك التى تنساب على سفوح الجبال) ، ولكن تذكر أن كثيرا من هذا الفتات قد انحدر من أماكن عالية أو بعيدة ، أى أن هذه العينات لاتمثل المواقع التى وجدت فيها .

وتوجد الحفريات فى ظروف مختلفة عما ذكرناه فى السطور السابقة، اذ سبق أن عرفنا أن الصخور النارية والمتحولة لا تحتوى على حفريات ، وأن معظم الحفريات موجودة فى صخور رسوبية من أصل بحرى ، وقد تكونت هذه الرسوبيات فى ظروف كانت مناسبة لحياة الكائنات ثم سهلت هذه الرسوبيات عملية حفظ بقايا هذه الكائنات بعد موتها ، ومن الصخور التى تترسب فى مثل هذه الظروف الحجر الجيرى والطفلة الصفحية المحتوية على الجير وبعض أنواع الحجر الرملى .

وابحث بوجه خاص عن المناطق التى لم تتأثر فيها الرسوبيات البحرية بالحرارة أو الضغط أو اى تغيرات فيزيائية أو كيميائية عنيفة ، وحاول أيضا أن تجد الأماكن التى تنكشف فيها الصخور بتأثير العوامل الجوية (أى تأثير التجوية) ، فهذا يساعد كثيرا فى استخراج الحفريات من المواد الصخرية التى تحتويها .

وتعد المحاجر من الأماكن المناسبة للبحث ، ولكننا ننبهك مرة أخرى أن تحصل على اذن قبل دخولها ، وتتميز مكاشف الصخور فى المحاجر بكونها طازجة بدرجة ما وأحيانا تكون متأثرة بالتجوية بدرجة خفيفة ، كما يمكن أن نجد حفريات العظام والخشب المتحجر فى حفر الرمال والحصى عند أرصفة الأنهار .

وأعطر انتباها خاصا للمكاشف التى على جوانب الطرق السريعة وطرق السكك الحديدية ، وفى العادة تكون الصخور المنكشفة بهذه الطريقة باقية فى وضعها الأصلى كما أنها قد تكون متأثرة بالتجوية ، أما عمليات قطع الصخور التى تجرى عند رصف طريق جديد فانها تكون أكثر ثراء بالعينات ولا سيما بعد تأثرها بالتجوية التى تساعد على فصل الحفريات من الصخور المحيطة بها ، كما تعتبر الخنادق الصغيرة والوديان وشواطىء الأنهار أماكن جيدة للبحث ، اذ تتعرض هذه الأماكن بصفة مستمرة لعمليات التجوية وفعل الماء الجارى ، وبذلك تنكشف صخور جديدة عاما بعد عام ، واذا ما كنت قريبا من منجم فحم مهجور فابحث عن فضلات الصخور المستخرجة منه والموجودة حول مداخله ، فقد يحقق الفحص الجيد لهذه الفضلات اكتشاف وجود حفريات نباتية محفوظة جيدا .

كيفية جمع العينات :

اذا ما وجدت موقعا مناسبا لجمع العينات فافحص الأرض جيدا ، وابحث عما اذا كانت هناك أية شظايا صخرية تحتوى على معادن أو حفريات أو أى نوع مهم من الصخور .

فاذا ما كانت هذه المواد قد انفصلت عن الصخر بفعل التجوية فيكون من السهل التقاطها ووضعها فى الكيس ، وفى أحيان كثيرة يحتاج الأمر الى استخدام المطرقة لازالة الصخور المحيطة بالعينة وهذا يحتاج الى مهارة كبيرة ، ويمكن فصل العينات الصغيرة بأمان باستخدام « أزميل » ذى حجم مناسب ، ويمكن الدق الخفيف على الأزميل لكشط « المواد اللاصقة » أى المواد الصخرية الملتصقة بالعينة ، وبعد ازالة معظم هذه المواد يجب أن تلف العينة بمهارة فى ورق رقيق وتضعها برفق فى كيس العينات .

وقبل أن تترك المكان الذى جمعت فيه العينات تأكد من أنك قد سجلت موقعه الجغرافى فى نوتة الجيب ، كذا سجل موقعه أيضا على الخريطة بطريقة تسمح لك (أو لغيرك) بالرجوع مرة أخرى وبسهولة لنفس المكان ، واذا كانت لديك خريطة طوبوغرافية أو اقليمية فانه من الحكمة أن تسجل هذا الموقع على الخريطة ، ثم اكتب البيانات الجغرافية على قطعة من الورق وضعها فى نفس الكيس المحتوى على العينات التى جمعتها من هذا الموقع ، وكثير من الهواة يسجلون مكان الموقع على السطح الخارجى للكيس الذى به عينات المعادن أو الصخور أو الحفريات .

ويجب وضع المواد المجموعة من كل موقع فى كيس كبير من القماش أو الورق ، ويجب أن تحتاط فى ابقاء الأوراق التى عليها البيانات مع العينات التى تتعلق بها ، وتذكر دائما أن « كل عينة لا تعرف موقعها فانك تفقد كثيرا من قيمتها » ، ولا شك أن ذلك الأمر يكتسب أهمية خاصة اذا كنت قد وجدت معدنا ثمينا أو نادرا .

ويجب على الهاوى دائما أن يحصل على اذن المالك قبل دخوله فى أية منطقة من مناطق الملكية الخاصة ، اذ يجب عليك أن تحترم هذه الملكية ولا سيما عند الاقتراب من أماكن المواشى أو من الأسوار ، واترك المنطقة أنظف مما كانت عليه قبل دخولك فيها .

ومن أفضل طرق تعلم كيفية جمع العينات أن تقوم برحلة حقلية مصاحبا لمجموعة منظمة مثل طائفة من موظفى المتاحف أو ناد لهواة جمع

المعادن والصخور ، وهنا ستستخدم قوة الملاحظة وستعمل مع محترفين أو هواة متمرسين قادرين على أن يعلموك أساسيات جمع العينات ، ويمكنك أن تتصل بأعضاء جمعيات دارسى المعادن والصخور وأن تحصل على فرصة لتبادل عينات المعادن والصخور والحفريات ، وان تتعلم عمليات الحفر والجمع والتحضير وكذا أماكن الجمع الجيدة ، فان كنت مهتما بهذه الهواية ويوجد أحد أندية هواة المعادن فى مدينتك فاننا ننصحك بالالتحاق بهذا النـــادى •

الملحق الثانى

ثبت المصطلحات

« انجليزى – عربى »

A

– آ آ — Aa
صوت فى لغة أهل جزر هاواى يعبر عن صوت احتكاك اللابة البازلتية أثناء انسيابها ٠

– سحج — Abrasion
عملية تآكل الصخر بالاحتكاك ٠

– الزمن المطلق — Absolute Time
هو الزمن الجيولوجى محسوبا بالسنين (قارن : الزمن النسبى)

– صخور حمضية — Acidic Rocks
صخور نارية تحتوى على الكوارتز (مثل الجرانيت) ٠

– ريحى — Aeolian
يشير الى المواد التى نقلتها الريح ثم رسبتها مثل اللويس والكثبان الرملية ٠

– زلزال لاحق — Aftershock
زلزال صغير حدث بعد زلزال كبير ولهما بؤرتان متقاربتان (قارن زلزال سابق) ٠

– مروحة طمية — Alluvial Fan
رسوبيات تكونت عندما خرج المجرى من منطقة جبلية شديدة الانحدار الى أرض مستوية تقريبا٠

– طمى — Alluvium
مواد ترسبت من مياه الأنهار ٠

– مثلجة البية — Alpine Glacier
نهر من الجليد يتنقل من منخفض فى أرض جبلية الى منطقة أكثر انخفاضا (ويسمى أيضا مثلجة الجبل أو مثلجة الوادى) ٠

– علو — Altitude
ارتفاع فوق سطح البحر ٠

– كهرمان — Amber
صمغ نباتى متحفر وهو مادة صلبة صفراء اللون ونصف شفافة ٠

– أمونيت — Ammonite
جنس من الرأسقدميات يتميز بخط درز شديد التعرج ٠

– غير متبلور — Amorphous
ليس له ترتيب ذرى محدد ٠

– حيوان برمائى — Amphibian
حيوان ينتمى الى مجموعة تعيش أطوارها الأولى فى الماء والناضجة على الأرض مثل الضفدع والسمندر

– لوزية (لوزة صغيرة) — Amygdule
فجوة غازية فى صخر نارى امتلأت فيما بعد بمعدن ثانوى ٠

ـ عدم توافق زاوى
— Angular Unconformity
(انظر : Unconformity)

ـ انهيدريت $CaSO_4$ Anhydrite —
معدن تركيبه كبريتات كالسيوم

ـ فحم انثراسيتى
— Anthracite Coal
فحم صلب عالى النقاوة ٠

ـ طية محدبة — Anticline
طبقة صخرية بها تقوس أو ثنية لأعلى ٠

ـ فتحة — Aperture
ثقب فى صدفة أو خلية ٠٠٠ الخ٠

ـ دقيق التبلور — Aphanitic
نسيج دقيق حيث لا يمكن رؤية البلورات بالعين المجردة ٠

ـ مكمن ماء أرضى (جوفى)
— Aquifer
تكوين صخرى مسامى يحتوى على ماء جوفى ٠

ـ أراجونيت — Aragonite
معدن تركيبه كربونات كالسيوم من النظام المعينى القائم ويوجد فى الأصداف الطباشيرية وغير الشفافة وهو أقل ثباتا من الكالسيت ٠

عتيق — Archeo-
مقطع يسبق بعض الكلمات بمعنى شديد القدم ٠

ـ الحقب العتيق — Archeozoic
أقدم حقب جيولوجى ، حقب ما قبل الكمبرى المبكر ٠

ـ رملى — Arenaceous
له نسيج الرمل أو صفاته ٠

ـ حافة حادة ، حيد مثلجى — Arete
فاصل ضيق حاد بين منخفضين أو واديين بهما مثالج ٠

ـ طينى — Argillaceous

ـ بئر ارتوازية — Artesian Well
بئر يصعد فيها الماء ذاتيا (بدون ضخ) من مكمن تعلوه طبقات غير منفذة ٠

مفصلى — Articulated
متحرك عن طريق تعشيق ، أو بأسنان وثغرات ٠

مصنوعات يدوية — Artifacts
أدوات أو أشياء صنعها الانسان القديم ٠

ـ كويكب — Asteroid
أحد الكواكب الصغيرة جدا بين المريخ والمشترى ، ويعرف أيضا باسم : Planetoid

ـ نطاق الانسياب
— Asthenosphere
أو الاستينوسفير ، وهو النطاق العلوى فى وشاح الأرض حيث تسمح الحركات التشكيلية بالانضباط الأيزوستاتيكى ٠

ـ الجيولوجيا الفلكية
— Astrogeology
جيولوجيا الأجسام السماوية ٠

ـ غير متماثل — Asymmetrical

ـ طية غير متماثلة
— Asymmetrical Fold
طية تكون فيها زاويتا ميل الطرفين غير متساويتين ٠

- غلاف جوى — Atmosphere
الهواء الذى يحيط بالأرض ·

- وضع الطبقة — Attitude
اتجاهات طبقة صخرية بالمقارنة مع مستوى أفقى (وتحدد باتجاه المضرب واتجاه الميل ومقداره) ·

- محور — Axis
أحد الخطوط الوهمية التى تحدد صفات البلورة ·

- محور الطية — Axis of Fold
خط وهمى يمر بقمة الطية المحدبة أو قاع الطية المقعرة ·

B

- برخان — Barchan
كثيب هلالى الشكل ·

- سيف حاجزى — Barrier Beach
شاطىء رملى منخفض ينفصل عن اليابسة بواسطة مستنقع ·

- بازلت — Basalt
صخر نارى بركانى قاعدى دقيق التبلور ·

- المستوى الأدنى — Base Level
أخفض مستوى يمكن أن يصل اليه التحات النهرى فى صخر الأديم ·

- صخر قاعدى — Basic Rock
صخر نارى فقير فى السيليكا مثل البازلت ·

- باثوليث — Batholith
كتلة هائلة من الصخر النارى المتدخل ولا يبدو لها قاع ويزيد قطرها عن ٥٠ كيلو مترا ·

- بوكسيت — Bauxite
أكسيد الومنيوم مائى وهو خام الألومنيوم الرئيسى ·

- مستوى التطابق — Bedding Plane
السطح الفاصل بين طبقتين صخريتين ·

- صخر الأديم — Bed Rock
الصخر الصلب غير المجوى الذى يقع تحت التربة وسائر الصخور المفتتة ·

- السيجاريات ، البلمنايت — Belemnites
رأسقدميات منقرضة من مجموعة الحبار والأخطبوط ·

- نطاق « بنيوف » — Benioff Zone
شريحة من الليثوسفير تنزلق تحت حافة قارية، ويتحدد مكانها بوجود غور محيطى ·

- تماثل جانبى — Bilateral Symmetry
ينطبق على نصفى جسم متشابهين بحيث اذا وضع أحدهما أمام المرآة كانت صورة مماثلة للنصف الآخر ·

- تسمية ثنائية — Binomial Nomenclature
نظام لتسمية الكائنات يتطلب ذكر اسم الجنس واسم النوع ·

- بيوتيت ، ميكاسوداء — Biotite

— فحم بيتومينى
— Bituminous Coal
فحم لين (منخفض الصلابة)

— برعميات — Blastoids
جلد شوكيات جالسة لها كاس تشبه البرعم تتكون عادة من ١٣ لوحا ٠

— شكل مجسم — Block Diagram
رسم ذو ثلاثة ابعاد يربط بين جيولوجية السطح والتركيب الأمامى والجانبى لاحدى المناطق ٠

— جبال الكتل — Block Mountains
جبال تكونت بفعل الصدوع ٠

— منخفض ريحى — Blowout
منخفض يشبه الحوض نتج عن تحات الريح ٠

— جلمود — Boulder
حبيبة صخرية قطرها أكثر من ٢٥ سنتيمترا ٠٠

— المسرجيات — Brachiopoda
قبيلة من اللافقاريات يتميز الفرد فيها بصدفة ذات مصراعين غير متساويين ٠

— ماء نصف مالح — Brackish
خليط من الماء العذب والماء المالح٠

— بريشيا — Breccia
صخر مكون من فتات ذى زوايا ٠

— حزازيات (من الطحالب)
— Bryozoa
كائنات صغيرة تعيش فى الماء وتفرز هيكلا جيريا وتبنى مستعمرات ٠

C

— جيرى — Calcareous
مكون من كربونات الكالسيوم كليا أو جزئيا ٠

— كالسيت — Calcite
معدن تركيبه كربونات الكالسيوم يتبلور فى النظام السداسى ويدخل فى تركيب الأصداف نصف الشفافة وهو أكثر ثباتا من الأراجونيت ٠

كالديرا — Caldera
منخفض حوضى كبير تكون من انهيار مخروط بركانى ٠

كاس — Calyx
فى المرجانيات وهو منخفض يشبه القدح فى الجزء العلوى من الهيكل، وفى الجلد شوكيات الجالسة الجزء الذى يحتوى على الأعضاء الرخوة للحيوان ٠

العصر الكمبرى — Cambrian
أول وأقدم عصر فى الحقب القديم٠

— كربونى ، فحمى — Carbonaceous
يحتوى على الكربون

— كربونات — Carbonate
صخر أو معدن يتكون من الكربون والأكسيجين وعنصر فلزى ٠

- العصر الكربونى Carboniferous — العصر الجيولوجى الخامس فى الحقب القديم بالنسبة للتسمية الأوروبية، ويشمل المسيسيبى والبنسيلفانى فى التسمية الأمريكية ·

- تكربن ، تفحم Carbonisation — عملية تحول المادة العضوية الى كربون ·

- آكلات اللحوم Carnivores —

- قالب ، صبة Cast — الشكل الذى تطبعه الحفرية على الصخر ·

- ملاط ، مادة لاحمة Cement — المادة التى تربط حبيبات الصخور الرسوبية ··

- التحام ، تسمنت Cementation — ترسيب مواد معدنية لاحمة بين فتات الصخور ·

الحديث Cene — مقطع لاحق يفيد الحداثة ·

- حديث Ceno- — مقطع سابق يفيد الحداثة ·

- الحقب الحديث Cenozoic — آخر حقب فى الزمن الجيولوجى ويمتد حتى الآن ·

- رأسقديات Cephalopoda — لا فقاريات بحرية لها رأس وأعين متطورة وأطراف حول الفم وتتبع قبيلة الرخويات ومنها الحبار والاخطبوط والنوتيلوس ·

- سيراتيت Ceratite — مجموعة من الأمونيات (من الرأسقديات) لها درز ذو سرج مستدير وفص معرج ·

- طباشير Chalk — صخر جيرى أبيض لين ·

- تجوية كيميائية Chemical Weathering — التجوية التى تؤدى الى تغير كيميائى ·

- صوان ، شيرت Chert — سيليكا مدمجة خفية التبلور ·

- كيتين Chitin — مادة قرنية صلبة توجد فى الأجزاء الصلبة من مفصليات الأقدام كالخنافس وسرطان البحر ·

- كيتينى Chitinous — مكون من الكيتين ·

- كلوريت Chlorite — معدن أخضر ذو صلة كيميائية بالميكا ·

- كروموسوم ، صبغية Chromosome — جسم خيطى فى الخلايا العضوية الذى يحمل الجينات أو حاملات الصفات الوراثية ويوجد زوج من الكروموسومات فى كل خلية وكل زيجوت ، وكروموسوم واحد بكل جاميطة ·

- مخروط الرماد البركانى Cinder Cone — مخروط ذو جوانب شديدة الانحدار يتكون من رماد بركانى المنشأ ·

- منخفض مثلجي — Cirque
منخفض كبير عميق يشبه المسارح القديمة ويقع عند منبع وادى المثلجة ·

- طائفة — Calcite
أحد أقسام القبيلة (وحدة فى التقسيم الحيوى) ·

- صخر فتاتى — Clastic Rock
صخر مكون أساسا من شظايا صخرية منقولة الى المكان الذى ترسبت فيه ·

- تشقق — Cleavage
ميل بعض المعادن الى الانقسام فى اتجاهات معينة لتعطى أسطحا مستوية ناعمة ·

- سهل شاطئى — Coastal Plain
سهل مستو تكون من مواد ترسبت بفعل أمواج أو مجار مائية ، وحافته تقع على شاطئ جسم مائى كبير، ويمثل عادة جزءا مكشوفا من قاع بحر حدث له رفع حديث ·

- جوفمعويات — Coelentrates
لافقاريات لها فراغ جسمى مجوف، وتماثل شعاعى وخلايا لاسعة ، ومنها الأسماك الهلامية والمستعمرات المرجانية وشقائق النعمان ·

- كولة ، شعب — Col
فجوة تشبه السرج عبر حافة أو بين قمتين ·

- على شكل مستعمرة — Colonial
صفة تشير الى الطريقة التى تعيش بها بعض اللافقاريات مصاحبة بعضها لبعض مثل المستعمرات المرجانية ·

- قطاع رأسى — Columnar Section
شكل هندسى بمقياس رسم يصور صفات التكوينات بواسطة رموز جيولوجية ، كما يمثل سمك الطبقات وترتيب ترسيبها ·

- تركيب عمدانى — Columnar Structure
تركيب يشبه القضبان الرأسية فى الصخور البركانية ·

- ملمج ، محكم — Compact

- دمج — Compaction
عملية تجمع الرسوبيات السائبة على شكل صخر صلب ثابت ·

- مخروط مركب — Composite Cone
مخروط بركانى مكون من طبقات متبادلة من اللابة والرماد ، ويسمى أيضا « البركان الطبقى » ·

- متحد المركز — Concentric
صفة تشير الى الزينة على الصدفة موازية لحافتها ·

- محارى — Conchoidal
نوع من المكسر (فى المعادن) يعطى سطحا مقعرا وله شكل يشبه أحد مصراعى صدفة المحاريات ، مثل مكسر الزجاج ·

- درنات صخرية — Concretions
تجمع لكتل عقدية أو غير منتظمة فى صخر رسوبى ، وتتكون عادة حول نواة صغيرة قد تكون احدى الحفريات ·

- رصيص ، كونجلوميرات — Conglomerate
الصخر الناتج عن تجمع الحصى والتحامه ويختلف حجم وتركيب الحصى فيه .

- المخروطيات — Conifers
أشجار أو شجيرات تحمل عددا من المخاريط .

- ماء مقرون — Connate Water
ماء محبوس فى صخر رسوبى منذ زمن ترسيبه .

- كونودونت — Conodont
حفريات صغيرة تشبه الأسنان وجدت فى بعض صخور الحقب القديم ، ولا يعرف أصلها وربما كانت أجزاء من سمك منقرض .

- تماسك — Consolidation
عملية تحويل راسب مفتت الى صخر مدمج .

- سطح التماس — Contact
السطح الذى يبين اتصال جسمين من الصخر .

- تحول بالتماس — Contact Metamorphism
تحول يحدث نتيجة تدخل أو طفح لصخر نارى ، ويحدث التحول فى الصخور الملاصقة للصخر النارى .

- ازاحة القارات ، نزوح القارات — Continental Drift
الحركة الجانبية البطيئة للقارات ، وتشمل حركة الألواح التى تنتقل معها قشرة القارات والمحيطات .

- الرف القارى — Continental Shelf
القاع المنخفض للمحيط على حدود القارات .

- المنحدر القارى — Continental Slope
الجزء شديد الانحدار بين حافة الرف القارى والقاع العميق للمحيط .

- فترة كونتورية — Contour Interval
فارق الارتفاع بين خطى كونتور متتاليين .

- خط كونتورى — Contour Line
خط مرسوم على خريطة يصل النقاط التى على نفس الارتفاع بالنسبة لسطح البحر .

- حمل — Convection
ميكانيكية تحرك المادة بسبب اختلاف كثافتها عن كثافة المادة المحيطة بها .

- خلية الحمل — Convection Cell
زوج متجاور من تيارات الحمل .

- تيار الحمل — Convection Current
دورة كاملة لمادة تحدث أثناء الحمل

- حدود الألواح المتقاربة — Convergent Plate Boundary
حدود بين لوحين يتحرك كل منهما فى اتجاه الآخر (قارن : حدود الواح متباعدة) .

- اخراج متحجر — Coprolite
اخراج متحفر لبعض الحيوانات الفقارية .

ـ حجر الصدف — Coquina
حجر جيرى مسامى خشن الحبيبات مكون أساسا من حطام الأصداف.

ـ مرجان — Coral
حيوان لافقارى بحرى يعيش على القاع ويفرز صدفة جيرية ، وهو من طائفة الزهريات وقبيلة الجوفمعويات .

ـ لب ، نواة — Core
النطاق الكثيف القريب من مركز الأرض .

ـ مضاهاة — Correlation
بيان ارتباط أو تكافؤ الطبقات فى مكانين مختلفين .

ـ فوهة بركانية — Crater
الانخفاض شبه القمعى عند قمة البركان .

ـ زحف — Creep
الحركة البطيئة المتجهة لأسفل لمواد التربة والصخور السطحية .

ـ العصر الطباشيرى — Cretaceous
آخر قسم فى الحقب الأوسط .

ـ شقوق جليدية — Crevasses

ـ قانون التقاطع
— Cross-cutting Relationships, Law of
الصخر القاطع أحدث من الصخر المقطوع .

ـ القشرة الأرضية — Crust
النطاق الخارجى من الكرة الأرضية

ـ خفى التبلور
— Cryptocraystalline
مكون من بلورات دقيقة جدا لاترى بالميكروسكوب .

ـ بلورة — Crystal
جسم منتظم عديد الزوايا محاط بأوجه يتخذه المعدن فى الظروف المناسبة ، وللبلورة تماثل خارجى وتركيب داخلى محدد .

متبلور — Crystalline
له ترتيب داخلى محدد .

ـ تماثل بلورى
— Crystal Symmetry
عدد الأوجه البلورية وموقعها وترتيبها بالنسبة للمحاور البلورية أو المستويات أو الاتجاهات البلورية .

ـ سداسى الأوجه — Cube
شكل بلورى فى النظام المكعب له ستة أوجه ، وكل وجه عمودى على أحد المحاور .

ـ (نظام) المكعب — Cubic
له الشكل العام لسداسى الأوجه ، النظام البلورى المتساوى الأبعاد .

ـ الكيسيات — Cystoids
جلد شوكيات جالسة منقرضة تتركب الكأس فيها من الواح عديدة بترتيب غير منتظم .

D

ـ تحلل — Decomposition
تغير كيميائى للصخور ، انظر أيضا « تجوية كيميائية » .

ـ زلزال عميق البؤرة
— Deep-focus Earthquake

زلزال تقع بؤرته على عمق ٣٠٠ الى ٧٠٠ كيلو متر (قارن : زلزال ضحل البؤرة) ٠

- أغوار محيطية عميقة — Deep-sea Trenches
أخاديد مقوسة على حدود بعض القارات ويصل عمق بعضها الى ٨٨٦٠ مترا تحت سطح المحيط ٠

- تذرية — Deflation
ازالة حبيبات الصخر السائب والتربة بفعل الريح ٠

- تشوه الصخور — Deformation of Rocks
كل تغير يصيب الشكل الأصلى للصخور مثل الطى والتصدع ٠

- دلتا — Delta
رسوبيات مستوية لها مساحة شبه مثلثة تتكون عندما يصب نهر فى ماء مستوى السطح (مثل بحر أو بحيرة) ٠

- شجرى ، متفرع كالشجرة — Dendritic

- راسب ، مادة رسوبية — Deposit
المواد التى يطرحها النهر ٠

- ترسيب — Deposition
عملية طرح أو ارساب المواد ٠

- جفاف — Desiccation
فقدان الماء من الرسوبيات ٠

- فتاتى — Detrital
مكون من شظايا الصخور أو المعادن ٠

- صخر فتاتى — Detrital Rock
صخر رسوبى مشتق من شظايا صخر آخر ، مثل الرمل والطين والحصى ٠

- العصر الديفونى — Devonian
رابع عصر من بداية حقب الحياة القديمة ٠

- ذو زاويتين — Diagonal

- ماس — Diamond
كربون متبلور ، وهو أصلد مادة معروفة ٠

- حركات أرضية — Diastrophism
الحركات التى تحدث فى القشرة الأرضية ٠

- دياتوميت — Diatomite
رسوبيات سيليسية هى بقايا نباتات دقيقة (دياتومات) ٠

- جدة قاطعة ، قاطع — Dike
جسم صخرى منضدى ذو أصل نارى فى العادة ويخترق الطبقات الصخرية المحيطة ٠

- انتفاخ ، تمدد — Dilatancy
ميل الصخر الى الزيادة فى الحجم بسبب الشقوق الصغيرة وذلك فى اللحظة السابقة لانكساره ٠

- سحالى عملاقة — Dinosaurs
(أو ديناصورات) وهى مجموعة كبيرة من الزواحف غريبة الشكل ، وقد عاشت فى حقب الحياة الوسطى وانقرضت بنهايته ٠

- ميل — Dip
الزاوية التى يصنعها مستوى التطابق مع المستوى الأفقى ٠

- تخالف — Disconformity
(انظر Unconformity)

— تفتت Disintegration
تحطم الصخر ميكانيكيا ، ويعرف أيضا باسم التجوية الفيزيائية أو التجوية الميكانيكية ·

— مقطع محول الى تلال ووديان بفعل التحات · Dissected

— تقطير Distillation
بالنسبة للحفريات هو عملية تطاير المادة العضوية تاركة بقايا فحمية تدل على الوجود السابق للكائنات

— الحدود اللوحية المتباعدة
Divergent Plate Boundary
هى الحدود بين لوحين متباعدين ، وتتكون قشرة محيطية جديدة فى الفتحة بين اللوحين (قارن : Convergent Plate Boundary)

— مقسم حافة أو مساحة Divide
مرتفعة تفصل بين نظامى صرف·

— دولوميت Dolomite
معدن من الكربونات وهو $CaMg(CO_3)_2$

— قبة Dome
طية مجدبة تميل فيها الطبقات للخارج فى كل الاتجاهات من نقطة مركزية وهى عكس الحوض ·

— Drift
منجرفات ، ازاحة ، نزوح
مواد تجرفها المثالج (وأيضا الحركة الأفقية للقارات) ·

— دروملين Drumlin
رواب مستديرة من الحريث الجليدى ·

— كثيب (ج كثبان) Dune
تل من الرمال تكون بفعل الريح ·

E

— زلزال Earthquake
هزة فى قشرة الأرض بسبب انكسار وحركة الصخور أو بسبب نشاط بركانى ·

— جلد شوكيات Echinoderms
لا فقاريات بحرية لها درقة جيرية ذات تماثل خماسى فى العادة ، وتشمل الكيسيات والبرعميات وزنابق البحر ونجم البحر والقنافذ البحرية ·

— القنافذ البحرية Echinoids
لافقاريات بحرية قاعية جوالة لها درقة من الألواح الجيرية مغطاة بأشواك متحركة ·

— ارتداد مرن Elastic Rebound
استرداد الاجهاد المرن عندما تنكسر المادة أو يزول الضغط ·

— علم الأجنة Embryology
فرع من علم الأحياء يتعلق بتكوين ونمو الجنين ·

— جنينى Embryonic
الطور المبكر للحيوان بعد طور البيضة ·

— ركام مثلجى نهائى
End Moraine --
(Terminal Moraine انظر)

— هيكل داخلى Endoskeleton
التركيب الدعامى الداخلى للحيوان

— بيئة Environment
الظروف الفيزيائية والكيميائية والعضوية المحيطة بالكائن الحى ·

— فترة الأيوسين Eocene
أحد الأقسام القديمة لحقب الحياة الحديثة وقد استمرّ لمدة ١٠ مليون سنة ·

— النقطة فوق المركز Epicenter
نقطة على سطح الأرض فوق بؤرة الزلزال مباشرة ·

— فترة Epoch
قسم من الزمن الجيولوجى وهى جزء من العصر ·

— حقب Era
جزء من الزمن الجيولوجى يشمل عصرا واحدا أو عدة عصور ·

— صخور الحقب Erathem
صخور تكونت أثناء حقب زمنى ·

— التحات Erosion
برى وازالة التربة وفتات الصخور بواسطة الرياح والمياه والثلوج

— ضال Erratic
جلمود نقلته المثالج يختلف عن صخر الأديم الذى يستقر عليه ·

— ضلوع Eskers
حيود ملتوية من الرمل والحصى الطبقى ترسبت من مجار مائية تجرى وسط المثالج أو تحتها ·

— مصب نهرى Estuary
واد نهرى مغمور يؤثر عليه المد والجزر ·

— تبخر Evaporation
تحول المادة من الحالة السائلة الى الحالة البخارية ·

— متبخرات Evaporites
رسوبيات تكونت من تبخر المحاليل ·

— تطور Evolution
مجموعة العوامل التى تغير الكائنات خلال الأجيال المتعاقبة ·

— تقشر Exfoliation
انفصال القشور والشقوق من سطح الصخر النارى بسبب التجوية ·

— هيكل خارجى ، صدفة ، درقة Exoskeleton
غطاء خارجى صلب يحمى الأجزاء اللينة ويوجد فى اللافقاريات بوجه خاص ·

— مكشف Exposure
الجزء غير المغطى من الطبقة الصخرية (انظر : outcrop)

— صخر طفحى Extrusive Rock
صخر نارى منصهر اندفع الى سطح الأرض ·

F

— وجه بلورى Face
سطح خارجى مستو للبلورة ·

— سحنة Facies
مجموعة من الملامح المعدنية والصخرية والحفرية التى تعكس

الظروف البيئية التى تكونت فيها الصخور ·
(انظر Sedimentary Facies)

- صدع ، فالق — Fault
كسر فى الصخور صاحبته حركة ازاحة ·

- بريشيا صدعية
— Fault Breccia
فتات صخرى ذو زوايا تكون عند مستوى الصدع ·

- خط الصدع — Fault Line
الخط الحادث من لقاء مستوى الصدع مع سطح الأرض ·

- مستوى الصدع — Fault Plane
كسر فى الصخر حدثت حركة للصخر من خلاله ·

- منحدر صدعى — Fault Scarp
جرف صغير على سطح الأرض عند خط الصدع ·

- فونة — Fauna
مجموعة الحيوانات (أو الحفريات) الموجودة فى زمن محدد ومكان محدد ·

- فلسبار — Feldspar
مجموعة من معادن السيليكات تشمل الأورثوكليز والميكروكلين والالبيت وغيرها ··

- فيورد — Fiord
مدخل فى البحر يتميز بالعمق والضيق وله حوائط شديدة الانحدار ويتكون بفعل فيضان مثلجة الوادى ·

- جمد (ثلج) حبيبى — Firn
(انظر : Névé)

- انشطار — Fission
انقسام نواة ذرة ثقيلة لتعطى أنوية لذرات أخف (قارن : Fusion)

- صوان — Flint
صخر سيليسى غير متبلور وهو داكن ومنطفىء ·

- سهل فيضى — Flood Plain
منطقة منخفضة على جانبى النهر تتغطى بالمياه زمن الفيضان ·

- فلورة — Flora
مجموعة نباتية (حية أو متحفرة) تعيش فى مكان محدد وزمان محدد

- راسب نهرى — Fluvial Deposit
مادة ترسبت بفعل الأنهار ·

- بؤرة (زلزالية) — Focus
نقطة داخل الأرض بدأ عندها الزلزال ·

- طية — Fold
انثناء حدث فى طبقة من الصخر القابل للتشكيل ·

- جبال الطى — Fold Mountains
جبال تكونت من عمليات طى الصخور ·

- ورقى — Foliated
مكون من أوراق رقيقة كما فى الميكا ·

- تورق — Foliation
التركيب الورقى (طبقات رقيقة) فى الصخر المتحول ·

- الحائط الأساسى — Footwall
الكتلة الصخرية التى تقع تحت المستوى المائل للصدع ·

- ثقب — Foramen

- مثقبات ، منخربات ، فورامينفرا — Foraminefera
حيوانات وحيدة الخلية ، وهى ميكروسكوبية الحجم (غالبا) ويؤدى تراكمها الى تكوين أنواع من الحجر الجيرى ·

- زلزال سابق — Foreshock
زلزال صغير يسبق الزلزال الكبير ببضعة أيام أو أسابيع ، وبؤرته قريبة من بؤرة الزلزال الكبير (قارن : aftershock)

- تكوين — Formation
وحدة صخرية مفيدة فى رسم الخرائط وتتميز بصفات ليثولوجية خاصة ·

- حفريات — Fossils
بقايا أو آثار الكائنات الحية مدفونة بعوامل طبيعية ومحفوظة فى الصخور ·

- وقود حفرى — Fossil fuels
بقايا عضوية تستخدم للحصول على الحرارة أو الطاقة عن طريق الحرق وتشمل الفحم الحجرى والنفط والغاز الطبيعى ·

محتو على حفريات — Fossiliferous

- مكسر (المعدن) — Fracture
شكل سطح المعدن المكسور ، وقد يكون ناعما أو محاريا أو مسننا ··· الخ ·

- صخر فتاتى — Fragmental Rock
صخر تكون من قطع من المعادن أو الصخور ملتحمة ببعضها ·

- داخنات — Fumaroles
ثقوب فى الأرض فى المناطق البركانية تنبعث منها الغازات ·

- اندماج (ذرى) — Fusion
التحام أنوية الذرات الخفيفة لتتكون أنوية لذرات أثقل (قارن : Fission)

G

- جابرو — Gabbro
صخر نارى خشن الحبيبات فقير فى السيليكا ·

- مجرة — Galaxy
نظام فلكى يتكون من بلايين النجوم، مثل مجرة درب التبانة التى تنتمى اليها الشمس ·

- معدن غث — Gangue
أحد المعادن فقيرة القيمة التى تصاحب المعادن الثمينة فى الخامة المعدنية ·

- جارنت — Garnet
مجموعة من معادن السيليكات المعقدة التى تميز بعض الصخور النارية ، وقد تكون بلورات كاملة ذات لون أحمر وبريق زجاجى ·

- أحجار الهضم — Gastroliths
حصى ناعم جيد الاستدارة مصاحب

لبعض حفريات الديناصور (ربما كان فى معدته) ٠

ـ بطنقدميات ، قواقع — Gastropods
لا فقاريات تعيش فى الماء أو على اليابسة ولها صدفة حلزونية من قطعة واحدة ٠

ـ طية محدبة هائلة — Geanticline
تحدب كبير فى الصخور قطره مئات الكيلومترات ٠

ـ عداد « جيجر » — Geiger Counter
جهاز يستخدم للكشف عن الاشعاع

ـ جوهرة — Gem
حجر كريم مقطوع وملمع جيدا ٠

ـ علم الأحجار الكريمة — Gemology

ـ حجر كريم — Gemstone
معدن يفيد فى صناعة الجواهر ، وهذا المصطلح يشمل كل الأحجار الكريمة الخام والملمعة ٠

ـ جينة — Gene
الوحدة الأساسية للموروثات فى الخلية ٠

ـ متعلق بالأصل — Genetic

ـ علم الوراثة — Genetics
فرع من علم الأحياء يتعلق بالموروثات والاختلافات بين الكائنات المرتبطة ببعضها ٠

ـ جنس (ج ٠ أجناس) — Genus (Genera
مجموعة من الأنواع المتقاربة من الكائنات الحية ٠

ـ تقدير العمر — Geochronology
دراسة الزمن من حيث علاقته بالأرض ٠

ـ نرجيل صخرى ، جيود — Geode
فراغ كروى فى الصخر مبطن بالبلورات ٠

ـ العمر الجيولوجى — Geologic Age
عمر الصخر أو الحفرية بالنسبة للزمن الجيولوجى مثل سرخسيات الكربونى وديناصورات الطباشيرى ٠٠٠ الخ ٠

ـ خريطة جيولوجية — Geologic Map
خريطة تبين توزيع مكاشف الصخور والملامح التركيبية والخامات المعدنية ٠

ـ المدى الجيولوجى — Geologic Range
دوام وجود الكائن الحى خلال الزمن الجيولوجى ، فمدى المسرجيات مثلا من الكمبرى الى الحديث ٠

ـ مقياس الزمن الجيولوجى — Geologic Time Scale
سجل لأقسام تاريخ الأرض على شكل جدول ٠

ـ علم شكل الأرض — Geomorphology
فرع الجيولوجيا الذى يتعلق بالشكل السطحى للأرض ، تطور المنظر العام للأرض ٠

- استكشاف جيوفيزيائى — Geophysical Prospecting
رسم خريطة للتراكيب الجيولوجية بواسطة الطرق الفيزيائية التجريبية ·

- قعيرة عظمى ، جيوسينكلين — Geosyncline
انحناء حوضى كبير فى قشرة الأرض يصل الى عشرات الكيلومترات عرضا ومئات الكيلو مترات طولا·

- طاقة حرارة الأرض — Geothermal Energy
طاقة مشتقة من الحرارة الطبيعية للأرض ، تتمثل فى الينابيع الساخنة والأجاج الحار والطفوح المنصهرة ·

- مرجل طبيعى ، فوارة — Geyser
ينبوع ساخن يتفجر من آن لآخر فيقذف بخارا وماء حارا ·

- مرجيليت ، جيزيريت — Geyserite
مادة سيليسية تترسب حول فتحات الفوارات والينابيع الساخنة ·

- مثلجة — Glacier
كتلة من الجليد (الذى أعيد تبلوره) تتحرك ببطء بفعل الجاذبية الأرضية ·

- زجاج (صخرى) — Glass
صخر غير متبلور هش بسبب تبرده السريع ·

- نايس — Gneiss
صخر متحول خشن الحبيبات يحتوى على بلورات أو صفائح معدنية تعطيه أحيانا الشكل المقلم ولكنه لا يصل الى شكل الشيست

- أرض جوندوانا — Gondwanaland
قارة افتراضية فى النصف الجنوبى من الأرض يعتقد أنها تفتتت خلال الحقب الأوسط وهى تشمل مايعرف الآن بأفريقيا والقارة الجنوبية واستراليا والهند وأمريكا الجنوبية، وذلك بعد الانفصال المفترض ·

- جونياتيت — Goniatite
جنس من الأمونيات (رأسقدميات منقرضة) لها خط درز ذو سروج مستديرة وفصوص معرجة ·

- خندق ، أخدود ، خسف — Garben
كتلة طويلة ضيقة سقطت بفعل صدعين ·

- تدرج ، ميل القاع — Gradient
ميل قاع النهر ويقدر بالمتر لكل كيلومتر ·

- جرانيت — Granite
صخر نارى خشن الحبيبات يتكون غالبا من الكوارتز والفلسبار مع قليل من الميكا أو الهورنبلند ·

- نسيج جرانيتى — Granitic Texture
نسيج خشن الحبيبات يميز الصخور المتدخلة ·

- جرنتة — Granitisation
تحول صخر صلب الى جرانيت دون المرور بمرحلة الصهارة ·

- نسيج حبيبى — Granular Texture
نسيج يتميز بوجود حبيبات مدمجة لها نفس الحجم مثلما فى الجرانيت ·

- خطيات ، جرابتوليت — Graptolites
حيوانات بحرية منقرضة كونت مستعمرات وكانت لها أجزاء صلبة كيتينية ·

- صدع الجاذبية — Gravity Fault
(انظر : Normal Fault)

- ما بين الحبيبات — Groundmass
المادة الزجاجية والبلورات الدقيقة التى تملأ الفراغ بين الحبيبات الكبيرة فى صخر بورفيرى ·

- مياه أرضية (جوفية) — Ground Water
مياه تحت الأرض فى منطقة التشبع فى الجزء العميق من الصخر السطحى المفكك ، ويعرف أيضا بالماء تحت السطحى أو تحت الأرضى ·

- حفرية مرشدة (دليلية) — Guide Fossil
هى الحفرية التى تفيد فى تحديد عصر تكوين الصخر وذلك بسبب قصر الفترة التى وجدت فيها واتساع النطاق الجغرافى لها ·

- جبس — Gypsum
معدن تركيبه كبريتات كالسيوم مائى · $CaSO_4 . 2H_2O$

H

- هيئة (البلورة) — Habit
الشكل الخاص الذى تتخذه بلورة المعدن ·

- هاليت — Halite
الملح الصخرى العادى : NaCl

- الحائط المعلق — Hanging Wall
الصخور التى أعلى المستوى المائل للصدع ·

- صلادة — Hardness
مقاومة المعدن للخدش

مقياس الصلادة (أو مقياس موهز) — Hardness Scale
مقياس عيارى للصلادة النسبية للمعادن ·

- هيماتيت — Hematite
أهم معدن فى خامات الحديد
Fe_2O_3

- آكلات النباتات — Herbivores

- مقطع سابق بمعنى « سداسى » — Hexa

- (نظام) سداسى — Hexagonal
نظام بلورى له ست زوايا وستة أضلاع ، وله ثلاثة محاور متساوية فى المستوى الأفقى ومحور رابع رأسى ومختلف عنها فى الطول ·

- خط المفصلة — Hinge Line
حافة الصدفة حيث يتقشق المصراعان (فى كل من المسرجيات والمحار) ·

— الجيولوجيا التاريخية
— Historical Geology
دراسة التاريخ الجيولوجى للأرض

— (العصر) الحديث Holocene —
آخر فترة فى الحقب الحديث وهو مستمر حتى وقتنا الحاضر .

— تراكيب متشابهة
— Homologous Structures
أعضاء فى حيوانات مختلفة لها نفس التركيب الأساسى لكن وظائفها مختلفة .

— خطاف ، كلابة Hook —

— هورنبلند Hornblende —
أحد المعادن المكونة للصخور، وهو من مجموعة الأمفيبول .

— فتق ، هورست Horst —
كتلة صخرية مرفوعة بين صدعين .

— نقطة (أو بقعة) ساخنة
— Hot Spot
منطقة انصهار محدودة فى الوشاح قرب قاعدة الليثو سفير .

— ينابيع حارة Hot Springs —
ينابيع يندفع منها الماء الحار حتى يصل الى سطح الأرض .

— هيدروكربون Hydrocarbon —
مركب مكون من الكربون والهيدروجين ويعطى عند احتراقه ماء وثانى أكسيد الكربون .

— دورة هيدرولوجية
— Hydrologic Cycle
عمليات تبخر ماء البحر ثم تكثفه على شكل المطر الذى يعود فى النهاية الى البحر .

— الغلاف المائى Hydrosphere —
كل المياه التى على سطح الأرض والتى فى فراغات الصخور تحت سطح الأرض .

I

— عصر الجليد Ice Age —
فترة البليستوسين من عصر الرباعى قرب نهاية حقب الحياة الحديثة ، وهو زمن انتشار الجليد .

— غطاء جليدى ، قلنسوة جليدية
— Ice Cap
طبقة جليدية محدودة .

— ملاءة جليدية ، مثلجة قارية
— Ice Sheet
كتلة كبيرة من الجليد تغطى مساحة شاسعة من سطح الأرض .

— الحرذون السمكى
— Ichthyosaur
زاحف بحرى يشبه خنزير البحر عاش فى حقب الحياة الوسطى .

— صخر نارى Igneous Rock —
صخر تجمد من اللابة أو من الصهارة .

— مكتنفات Inclusions —
جسيمات دقيقة من معدن محاطة بمعدن آخر .

— حفرية دليلية Index Fossil —
(Guide Fossil : انظر)

— شدة (الزلزال) Intensity —
مقياس لتأثير الزلزال فى منطقة معينة .
(Magnitude : قارن)

- نهر متقطع ، غدير
— Intermittent Stream
نهر يجف قاعه فى بعض الأحيان ·

- كتلة متدخلة — Intrusion
صخر نارى اقتحم طريقه (عندما كان منصهرا) فى صخور أخرى ·

- صخر متدخل (أو جوفى)
— Intrussive Rock
صخر اندفع (عندما كان منصهرا) بين صخور أقدم منه من خلال صدوع أو شقوق ، وقد يصل الصخر المتدخل الى سطح الأرض بفعل التحات فى وقت لاحق ·

- (حيوان) لافقارى
— Invertebrate

- (نظام) متساوى الأبعاد
— Isometric
نظام بلورى فيه ثلاثة محاور متساوية الطول تتقاطع بزوايا قائمة ·

- متساوى الزلزلة — Isoseismal
خط وهمى يصل النقاط ذات الشدة الزلزالية المتساوية، ويعرف أيضا باسم خط كونتور متساوى الزلزلة ·

- توازن قشرة الأرض — Isostacy
حالة التوازن بين السيال والسيما اللذين يكونان القشرة الأرضية ·

- نظائر — Isotopes
صور مختلفة من العنصر الواحد لها نفس الرقم الذرى وتختلف فى الوزن الذرى ·

J

- فاصل — Joint
شق فى الصخور لم تحدث أية ازاحة على أى جانب من جانبيه ·

- العصر الجوراسى — Jurassic
العصر الأوسط فى حقب الحياة الوسطى ·

K

- كامة — Kame
تل صغير مخروطى الشكل مكون من الرمل والحصى الطبقى ترسب من مجرى مثلجى ·

- كاولين — Kaolin
طين أبيض أو قريب من البياض نتج عن تحلل صخور كانت تحتوى على كثير من الفلسبار ·

- تضاريس الكارست
— Karst Topography
تضاريس غير منتظمة بها بالوعات ووديان غير نهرية ومغارات وأنهار تحت الأرض ·

- قدر (المثالج) — Kettle
منخفض يشبه الحوض فى الطرح المثلجى وقد تكون بسبب انصهار كتل مدفونة من الجليد ·

L

- لاكوليث — Laccolith
كتلة كبيرة تشبه العدسة من الصخر النارى المتدخل ·

- رواسب البحيرات — Lacustrine Deposits

- انزلاق أرضى — Landslide
حركة سريعة لكتل كبيرة من الصخر والتربة الى أسفل سطح تل أو جبل ·

- حصى بركانى — Lapilli
شظايا أو قطع صغيرة من الصخر قذفها البركان عند انفجاره ·

- جانبى — Lateral

- ركام مثلجى جانبى — Lateral Moraine
حيد مستطيل من الحريث الجليدى تكون غالبا من فتات سطحى سقط على المثلجة من حوائط الوادى ·

- لاتيريت — Laterite
تربة استوائية غنية بهيدروكسيد الحديد والألومنيوم ·

- قارة لوراسيا — Laurasia
قارة افتراضية فى النصف الشمالى من الكرة الأرضية ومن المعتقد أنها تفتتت خلال حقب الحياة الوسطى ، ويمثلها اليوم أمريكا الشمالية وجرينلاند وأوراسيا (ما عدا الهند) بعد حدوث التفتت ·

- اللابة — Lava
الصخر المنصهر على سطح الأرض·

مخروط اللابة — Lava Dome
(انظر : Shield Volcano)

- هضبة اللابة — Lava Plateau
(انظر : Plateau Basalts)

- ليجنيت — Lignite
فحم بنى لين منخفض الرتبة ·

- حجر جيرى — Limestone
صخر رسوبى يتكون أغلبه من كربونات الكالسيوم ·

- ليمونيت — Limonite
أكسيد حديديك مائى ·

- تحجر ، تصخر — Lithificatoin
العوامل التى تحول الرسوبيات لصخر صلب ·

- علم وصف الأحجار — Lithology
دراسة ووصف الصخور بالعين المجردة ، نسيج وتركيب العينات الصخرية ·

- غلاف صخرى ، ليثوسفير — Lithosphere
الطبقة الخارجية الصلبة من الأرض التى تشمل القشرة والجزء الأعلى من الوشاح ، وهو أصلب نسبيا من الاستينوسفير الذى يقع تحته ·

- حمولة ، شحنة — Load
كمية المواد التى يحملها النهر أو الريح أو المثلجة فى زمن معين ·

- عرق معدنى — Lode
عرق سميك أو مجموعة من العروق من خامة معدنية يمكن تنجيمها كوحدة واحدة ·

- اللويس — Loess
رسوبيات تكونت من طمى جلبته الرياح·

- طولى — Longitudinal
فى اتجاه موازٍ للطول ·

— بريق (المعدن) Luster —
مظهر السطح الطازج المكسور حديثا وغير المجوى في الضوء المنعكس .

M

— حفريات كبيرة Macrofossils —
حفريات يمكن رؤيتها بالعين المجردة ، وتعرف أيضا باسم
Megafossil

— صهارة Magma —
مواد صخرية منصهرة تحت سطح الأرض ومنها تتكون الصخور النارية .

— مقدار (الزلزال) Magnitude —
مقياس لمجموع الطاقة الناتجة من الزلزال .
(قارن : Intensity)

— الوشاح ، الستار ، البرنس
— Mantle
الجزء السميك الثقيل الذى يلى قشرة الأرض ويمتد الى عمق حوالى ٢٠٠ كيلومتر تحت سطح الأرض .

— صخر الدثار Mantle Rock —
طبقة التربة والصخر السائب التى تغطى صخر الأديم الصلب .

— رخام Marble —
صخر كربونات أعيد تبلوره بالتحول وقد كان قبلا حجرا جيريا أو دولوميت .

— بحرى Marine —
من البحر أو مختص بالبحر .

— حركة الكتل
— Mass Movement
الحركة السطحية لصخور الأرض الناتجة أساسا من فعل الجاذبية ، وتعرف أيضا باسم :
Mass Wasting

— تبدد الكتل ، تصخر ، حركة الكتل
Mass Wasting
(انظر : Mass movement)

— مادة لاحمة Matrix —
المادة التى تلصق بلورات المعادن ببعضها .

— منعطفات نهرية Meanders —
تتابع من أجزاء مقوسة واسعة فى مجرى نهر ناضج .

— تجوية ميكانيكية
— Mechanical Weathering
انظر : Disintegration

وأيضا Physical Weathering

— ركام مثلجى وسطى
— Medial Moraine
جسم مستطيل يشبه الحيد من الركام المثلجى تكون من اتصال ركامين جانبيين .

— حفريات كبيرة Megafossils —
(انظر : Macrofossils)

— مقطع سابق بمعنى « وسطى »
— Meso-

— حقب الحياة الوسطى
— Mesozoic
يتكون من عصور الترياسى والجوراسى والطباشيرى .

ـ صخر متحول
— Metamorphic Rock
صخر نارى أو رسوبى تعرض لتغيرات كبيرة من حيث الحرارة والضغط والنشاط الكيميائى ·

ـ تحول — Metamorphism
تغير شامل للصخور والمعادن ·

ـ مياه جوية — Meteoric Water
مياه مشتقة أساسا من المطر ·

ـ علم الارصاد الجوية
— Meteorology
العلم الذى يتعلق بالغلاف الجوى

ـ ميكا — Mica
مجموعة من معادن السيليكات المكونة للصخور ·

ـ حفريات دقيقة — Microfossils
حفريات لا ترى الا بالميكروسكوب

ـ حيد وسط محيطى
— Mid-oceanic Ridge
سلسلة جبلية وسطية متصلة ذات نشاط زلزالى تمتد على قاع المحيطات الهندى وجنوب الهادى وشمال وجنوب الأطلنطى ·

ـ درب التبانة — Milky Way
المجرة التى تنتسب اليها المجموعة الشمسية ·

ـ معدن — Mineral
مادة غير عضوية متجانسة تكونت فى ظروف طبيعية ولها صفات كيميائية وفيزيائية محددة ·

ـ علم المعادن — Mineralogy
العلم المختص بدراسة تركيب المعادن وطرق تكونها وصفاتها وتركيبها الذرى ·

ـ فترة الميوسين — Miocene
الفترة الزمنية الرابعة فى عصر الثلاثى المنتمى لحقب الحياة الحديثة ·

ـ عصر المسيسيبى
— Mississipian
العصر الخامس فى حقب الحياة القديمة فى العرف الأمريكى ، ويعادل الكربونى الأسفل فى التسمية الأوروبية ·

ـ منطقة انقطاع موهوروفيسيك ، خط موهو
— Mohorovicic Discontinuity
منطقة تماس القشرة والوشاح فى الأرض ·

ـ مقياس « موهز »
— Mohs Scale
مقياس للصلادة النسبية للمعادن
(انظر : Hardness Scale)

ـ علم — Monadnock
تل منعزل بقى بارزا على سطح السهب شبه المستوى بعد فترة طويلة من التحات ·

ـ (نظام) أحادى الميل
— Monoclinic
نظام بلورى فيه ثلاثة محاور وهمية غير متساوية منها اثنان متعامدان والثالث مائل بالنسبة للمحور الرأسى ·

ـ قمر — Moon
جسم سماوى يدور حول أحد الكواكب ·

ـ ركام (حزيث) مثلجي
— Moraine
تجمع للمواد الصخرية التى نقلتها وترسبتها المثلجة ٠

ـ علم دراسة الشكل الخارجي
— Morphology
دراسة التركيب الخارجي أو الهيئة

ـ جبل — Mountain
جزء من الأرض له ارتفاع ظاهر بالنسبة للمناطق المجاورة ، وهو فى العادة شديد الانحدار وله قمة صغيرة نسبيا ٠

ـ مثلجة جبلية
— Mountain Glacier
(انظر :
(Alpine or Valley Glacier)

ـ انسياب الوحل — Mud Flow
تحرك كمية كبيرة من الوحل والصخر والماء على مجرى الوادى أو النهر ٠

ـ بركان الوحل — Mud Volcano
ينبوع يبقبق بالوحل الذى غالبا ما تكون له ألوان براقة ، ويسمى أحيانا « اناء الألوان » ٠

ـ عديد الخلايا — Multicellular

ـ مسكوفيت ، ميكا بيضاء
— Muscvovite
معدن للميكا بلون الفضة ٠

ـ طفرة ، تغير فجائى — Mutation
تغير وراثى تم نقله نتيجة لتغيرات داخل البلازما الجرثومية ٠

N

ـ غاز طبيعى — Natural Gas
غازات هيدروكربونية (معظمها ميثان) تتكون فى الصخور ٠

ـ مصادر طبيعية
— Natural Resources
الطاقة والخامات الناتجة من عمليات جيولوجية ٠

ـ انتخاب طبيعى
— Natural Selection
ازدهار كائنات بسبب قدرتها على التكيف مع الظروف التى حولها وتغيرات البيئة ٠

ـ سديم — Nebula
كتلة مبهمة مطموسة من الغازات أو الغبار الكونى فى الفراغ ٠

ـ جمد (ثلج) حبيبى
— Névé, Firn
ثلج وجليد حبيبى يصبح فيما بعد جليدا مثلجيا ٠

ـ درنة صخرية — Nodule
كتلة كروية من صخر أو معدن ٠

ـ تباين طبقى
— Non Conformity
(انظر : (Unconformity

ـ صدع عادى — Normal Fault
صدع تحرك فيه الحائط المعلق الى أسفل بالنسبة الى الحائط الأساسى
(انظر : (Gravity Fault

O

- مفلطح — Oblate
منبعج عند القطبين

- أوبسيديان — Obsidian
صخر زجاجى بركانى ·

- علم البحار — Oceanography
دراسة البحار وخصائصها ·

- مقطع سابق بمعنى « ثمانى » — Octa Octo

- طفلة زيتية — Oil Shale
طفلة صفحية غنية بالمواد العضوية ويمكن استخراج النفط منها ·

- فترة الأوليجوسين — Oligocene
الفترة الثالثة فى حقب الحياة الحديثة ·

- أوليفين — Olivine
معدن أخضر داكن من السيليكات المكونة للصخور ·

- سرئى ، بطروخى — Oölitic
معدن أو صخر مكون من حبيبات كروية صغيرة تشبه بيض السمك

- العصر الأوردوفيشى — Ordovician
العصر الثانى فى حقب الحياة القديمة ·

- خامة معدنية — Ore

- عضو — Organ
جزء من الحيوان يعمل كوحدة واحدة مثل القلب أو المعدة أو العين ·

- عضوى — Organic
مختص بالحياة أو مشتق منها ·

- كائن حى — Organism

- حركة بانية للجبال — Orogeny

- أورثوكليز — Orthoclase
فلسبار بوتاسى يكثر وجوده فى الصخور النارية الحمضية ·

- (نظام) معينى قائم — Orthorhomobic
نظام بلورى له ثلاثة محاور متعامدة وغير متساوية ·

- مكشف — Outcrop
مكان تظهر فيه الصخور على سطح الأرض ·
(انظر : Exposure)

- سهول الاكتساح — Outwash Plains
سهول واسعة مكونة من رسوبيات وضعتها أنهار نابعة من مثلجة فى حالة انصهار ·

- بحيرة هلالية (قوسية) — Oxbow Lake
بحيرة لها شكل الهلال تتكون من عزل المنعطف النهرى عن المجرى الرئيسى للنهر ·

- أكسدة — Oxidation
اتحاد كيميائى بين الأكسيجين وأية مادة أخرى ·

P

- لابة « الباهوهو » — Pahoehoe
اللابة المتجمدة التى لها سطح ناعم أو حبلى أو متموج ويكثر وجودها بجزر هاواى ·

- إناء الألوان — Paint Pot
(انظـــر : Mud Volcano)

- فترة الباليوسين — Paleocene
أول فترة زمنية فى حقب الحياة الحديثة .

- علم البيئة القديمة
— Paleoecology
دراسة العلاقة بين الكائنات القديمة وبيئاتها .

- علم الجغرافيا القديمة
— Paleogeography
دراســـة شـــكل القارات والبحار والأنهار فى العصور القديمة .

- المغناطيسية القديمة
— Paleomagnetism
دراسة المجال المغنـاطيسى للأرض خلال الزمن الجيولوجى .

- علم الحفريات — Paleontology
عـلم الكائنـات التى عـاشت فى العصور القديمة .

- (حقب) الحياة القديمة
— Paleozoic
الـزمن الجيولـوجى من ٥٧٠ الى ٢٣٠ مليون سنة مضت .

- بانجيا، أم القارات — Pangaea
قارة افتراضية اشتقت منها القارات المعروفة بالتفتت ثم الازاحة .

- خشب فحمى ، خث ، بيت
— Peat
أول مرحلة فى تكوين الفحم ، مواد نباتية متحللة جزئيا ولونها بنى داكن .

- ثقب العنق
— Pedicle Foramen
(أو فتحة العنق
(Ped. Opening
ثقب فى صدفة المسرجيات تمر منه العنق التى تثبت الحيوان فى قاع البحر .

- بجماتيت — Pegmatite
صخر نارى ذو حبيبات كبيرة جدا ويتخذ شكل العدسة أو القاطع .

- اسفينيات القدم ، المحار
— Pelecypods
حيوانـــات لافقاريـة مائيـة من الرخويات تتميز بوجود مصراعين .

- سهب — Peneplain
منطقـة شاسـعة منخفضـة شـبه مسطحة نتجت عن تحات شديـد ومستمر .

- العصر البنسيلفانى
— Pensylvanian
سـادس عصر فى حقـب الحيـاة القديمة فى العرف الأمريكى ويعادل الكربـونى العـلوى فى العـرف الأوروبى .

- تماثل خماسى
— Pentamerous Symmetry
تماثل يظهـر فى بعض مجموعات الجلد شوكيات مثل القنفذ المنتظم ونجم البحر .

- البيريدوتيت — Periodotite
صخر نـارى فوق قاعـدى خشن الحبيبات .

- عصر — Period
وحدة فى الزمن الجيولوجى أقل من حقب ·

- منفذ — Permeable
صخر يمكن أن تمر منه السوائل ·

- عصر البرمى — Permian
آخر عصر فى حقب الحياة القديمة ·

- تمعدن اضافى — Permineralisation
اضافة مواد معدنية لبعض الحفريات وذلك بالترسيب فى الفراغات أكثر منه احلالا لمادة الصدفة ·

- علم وصف الصخور — Petrography

- نفط ، بترول — Petroleum
مادة زيتية مكونة من خليط من المواد الهيدروكربونية وتوجد فى بعض أنواع الصخور الرسوبية ·

- علم الصخور — Petrology
دراسة أصل الصخور وطرق تكوينها ·

- بلورة بارزة — Phenocryst
بلورة كبيرة بالنسبة للبلورات التى حولها ·

- فوسفاتى — Phosphatic
يحتوى على معادن فوسفاتية ·

- قبيلة — Phylum
قسم رئيسى فى المملكة الحيوانية أو النباتية ·

- جيولوجيا فيزيائية — Physical Geology
دراسة تراكيب الصخور والقوى المؤثرة عليها ·

- تجوية فيزيائية — Physical (or mechanical) Weathering
تحطم وتفتت الصخور بقوى فيزيائية ·
(انظر أيضا : Disintegration)

- الجغرافيا الطبيعية — Pysiography
وصف الملامح الطبيعية لسطح الأرض ·

- مثلجة السفح — Piedmont Glacier
مثلجة تكونت من اتحاد بعض مثالج الوديان عند سفوح الجبال التى توجد بها هذه المثالج ·

- زاوية الغطس — Pitch
الزاوية التى بين محور الطية والمستوى الأفقى ·

- بلاجيوكليز — Plagioclase
مجموعة من معادن الفلسبار تحتوى على الصوديوم والكالسيوم وتوجد فى معظم أنواع الصخور النارية ·

- سهل — Plain
منطقة منخفضة وشبه مستوية ·

- كوكب — Planet
جسم سمارى يدور حول أحد النجوم فى مدار منتظم ·

- كويكب — Planetoid
(انظر : Asteroid) .

- لوح — Plate
جزء من القشرة الأرضية مع الطبقة العليا من الوشاح .

- تكتونية الألواح — Plate Tectonics
نظرية انقسام الليثوسفير الى عدة ألواح تقترب أو تبتعد من بعضها فيحدث نشاط بركانى أو زلزالى أو تكتونى على حدودها .

- هضبة — Plateau
أرض شاسعة ذات ارتفاع كبير .

- بازلت الهضاب ، هضاب اللابة — Plateau Basalts, Lava Plateau
طبقات ممتدة من البازلت الذى انساب من شقوق فى القشرة الأرضية فى وقت سابق ، وتعرف أيضا باسم فيضان البازلت .

- البلايا — Playa
القيعان الجافة للبحيرات المؤقتة فى بعض الصحارى .

- فترة البليستوسين ، عصر الجليد — Pleistocene, Ice Age
الفترة الأولى من عصر الرباعى قرب نهاية حقب الحياة الحديثة ، وفيها انتشر الجليد .

- فترة البليوسين — Pliocene
آخر فترة فى عصر الثلاثى وتسبق البليستوسين .

- صخر جوفى — Pluton, Plutonic Rock
صخر نارى تكون من صهارة فى أعماق الأرض .
(انظر : Intrusive Rock) .

- هجرة القطبين — Polar Wandering, Polar Migration
تغير وضع القطبين المغناطيسيين للأرض خلال الزمن الجيولوجى بالنسبة لوضعهما الحالى .

- عديد الزوايا — Polygonal
شكل له أكثر من أربع زوايا .

- بوليب — Polyp
حيوان جوفمعوى مائى ذو لوامس عديدة وله شكل أسطوانى مثل الفنجان (كالمرجان) .

- مسامية — Porosity
النسبة المئوية لحجم المسام بالمقارنة بالحجم الكلى للصخر .

- مسامى — Porous
صخر يحتوى على مسام أو فراغات بينية .

- بورفيرى ، حجر السماق — Porphyry
صخر نارى يحتوى على بلورات بارزة فى أرضية زجاجية أو دقيقة الحبيبات .

- حفرة وعائية — Pothole
حفرة مستديرة فى قاع مجرى النهر .

- حقب ما قبل الكمبرى — Precambrian
الزمن السابق للكمبرى ويشمل الأركى أو العتيق (ماقبل الكمبرى المبكر) والبروتيروزوى (ما قبل الكمبرى المتأخر) .

- حيوان مفترس — Predator

ـ زمن ما قبل التاريخ
— Prehistoric Time
الزمن السابق لتاريخ الانسان العاقل ·

ـ البروتيروزوى ، حقب طلائع الحياة ، ما قبل الكمبرى المتأخر ·
— Proterozoic

ـ الكائنات الأولية ، البروتستا
— Protista
كائنات نباتية أو حيوانية وحيدة الخلية مثل البكتيريا والطحالب والمثقبات ·

ـ حفريات زائفة — Pseudofossils
مواد من أصل غير عضوى تشبه الحفريات مثل شجيرات المنجنيز والدرنات الصخرية ·

ـ شكل زائف — Pseudomorph
ظاهرة المعدن الذى يتخذ نفس الشكل البلورى للمعدن الذى حل محله ·

ـ زاحف مجنح ، بتيروساور
— Pterosaur
زاحف طائر من حقب الحياة الوسطى ·

ـ بيريت — Pyrite
معدن صلد بلون النحاس الأصفر وتركيبه كبريتيد الحديد FeS_2 ذهب البلهاء ·

ـ فتات حرارى — Pyroclastics
فتات صخرى قذفته البراكين مثل الرماد البركانى والقنابل البركانية، ويعرف أيضا باسم تيفرا Tephra

Q

ـ مرو ، كوارتز — Quartz
سيليكا متبلورة وله صلادة عالية·

ـ كوارتزيت — Quartzite
صخر متحول تركيبه الأصلى حجر رملى ·

ـ عصر الرباعى — Quaternary
العصر الأخير فى حقب الحياة الحديثة ·

R

ـ تماثل شعاعى
— Radial Symmetry
تكرار التماثل حول نقطة مركزية·

ـ ظاهرة الاشعاع — Radioactivity
انشطار نواة الذرة فى بعض العناصر مع انطلاق طاقة ·

ـ العصر الحديث — Recent
(انظر : Holocene) .

ـ ركام مثلجى تراجعى
— Recessional Moraine
حيود من الحريث تكونت بسبب تراجع المثلجة أو ابطاء مؤقت فى حركتها ·

ـ اعادة تبلور — Recrystalisation
تحول البلورات الصغيرة لأخرى كبيرة ·

ـ طية نائمة — Recumbent
طية محورها أفقى أو قريب من ذلك ·

- طبقات حمراء — Red Beds
طبقات ترسبت فى ظروف قارية جافة .

- شعاب — Reef
جزاف تشبه الحيد أو الرابية تمتد من قاع البحر الى سطحه تقريبا وتتكون غالبا من مستعمرات مرجانية .

- التصابى — Rejuvenation
تغيرات تسبب زيادة شدة انحدار مجرى النهر .

- الزمن النسبى — Relative Time
تاريخ الأحداث بحسب ترتيبها الزمنى وليس بحساب السنين .
(قارن : Absolute Time)

- تباين (التضاريس) — Relief
كمية الاختلاف فى الارتفاع بين أعلى وأخفض نقطتين فى منطقة ما .

- احلال — Replacement
طريقة للتحفر حيث تزال الأجزاء الصلبة بالاذابة مع ترسيب متزامن لمواد أخرى مكان المواد المذابة ، تمعدن .

- صدع معكوس — Reverse Fault
صدع تحرك فيه الحائط المعلق الى أعلى بالنسبة للحائط الأساسى .
(انظر : Thurst Fault) .

- ريوليت — Rhyolite
صخر بركانى دقيق الحبيبات يشبه الجرانيت فى تركيبه .

- وادى الخسف — Rift Valley
(انظر : Graben) .

- نطاق الخسف — Rift Zone
مجموعة من الكسور فى القشرة الأرضية تصاحبها غالبا طفوح من اللابة .

- علامات النيم — Ripple Marks
تجعدات تشبه الموجات تحدث فى الصخور النائبة بفعل الريح أو الماء .

- صخرة — Rock
كتلة من مواد غير عضوية تكونت فى ظروف طبيعية وهى من مكونات قشرة الأرض .

- دورة الصخور — Rock Cycle
تتابع الأحداث على صخور الأرض عند تعرضها للعوامل الجيولوجية .

- المعادن المكونة للصخور — Rock-Forming Minerals
المعادن المنتشرة التى تكون النسبة الغالبة من صخور القشرة الأرضية .

- مثلجة صخرية — Rock Glacier
التى على شكل فصوص من الفتات الصخرى تتحرك ببطء مع الانحدار كما تتحرك المثالج .

- الملح الصخرى — Rock Salt
الملح العادى أو الهاليت .

- انزلاق صخرى — Rock Slide
حركة سريعة فى اتجاه الجاذبية للمواد الصخرية المنفصلة حديثا من صخر الأديم التى تنزلق على سطح الانفصال .

- وحدات صخرية — Rock Unites

تقسيم للصخور مبنى على الصفات الحجرية والفيزيائية ولا يبنى على زمن الترسيب ، المجموعات والتكوينات ... الخ .

- ماء منطلق — Runoff
الماء الذى ينساب على الأرض .

S

- الملح — Salt
(انظر : Halite, Rock Salt)

- سدادة ملحية — Salt Plug
جسم أنبوبى راسى من الملح أو الجبس يتكون بانسياب الملح الى أعلى تحت فعل الضغط ثم يخترق الصخور المحيطة حتى يصل الى وضعه الحالى .

- رمل — Sand
حبيبات معدنية صغيرة تتكون فى العادة من الكوارتز .

- كثيب رملى (ج . كثبان)
— Sand Dune
حيد أو تل من الرمال تكون بفعل الرياح .

- حجر رملى — Sand Stone
صخر رسوبى مكون من رمل متماسك .

- قمر — Satellite
(انظر : Moon)

- شيست — Schist
صخر متحول يحتوى على صفائح معدنية موجهة يمكن عن طريقها شق الصخر بسهولة نسبية فى اتجاه مواز للأسطح المستوية للصفائح المعدنية .

- مغارة بحرية — Sea Cave
مغارة تكونت بفعل التحات بموج البحر .

- جرف بحرى — Sea Cliff
جرف تكون بفعل التحات البحرى .

- توسع قاع البحر
— Sea-floor Spreading
العوامل التى تؤدى الى زيادة الاتساع الجانبى لقاع البحر بدءا من قمم الحيود الوسط محيطية .

- راسب — Sediment
المواد التى تستقر على الأرض أو القاع بعد نقلها بالرياح أو المياه .

- سحنة رسوبية
— Sedimentary Facies
رسوبيات متجمعة تظهر صفات خاصة وتتغير جانبيا لأنواع رسوبية أخرى تكونت فى نفس الوقت ولكنها ذات صفات مختلفة .
(انظر : Facies) .

- صخور رسوبية
— Sedimentary Rocks
صخور تكونت من تجمع الرسوبيات .

- الترسيب — Sedimentation
استقرار حبيبات الصخور على سطح الأرض أو قاع النهر أو البحر .

- موجات زلزالية بحرية
— Seismic Sea Waves
موجات زلزالية هائلة تنشأ بسبب حدوث زلازل تحت البحر .

(وقد تسمى خطأ « موجات المد »
(Tidal Waves

(انظر : Tsunami) .

- سيزموجرام — Seismogram
السجل الذى يرسمه السيزموجراف .

- جهاز رصد الزلازل، السيزموجراف — Seismograph
جهاز يستخدم لرصد وقياس الهزات الأرضية .

- علم الزلازل — Seismology
دراسة الزلازل والاختلاجات الأرضية الأخرى .

- تتابع — Series
صخور تكونت خلال فترة زمنية ، مصطلح زمنى ـ طبقى يلى «النظام» فى الرتبة .

- طين صفحى ، طفلة صفحية — Shale
صخر رسوبى رقيق التطبق يتكون من حبيبات متماسكة من الوحل أو الطين أو الغرين (الطمى) .

- زلزال ضحل البؤرة — Shallow-focus Earthquake
زلزال تقع بؤرته على عمق أقل من ٧٠ كيلو مترا (قارن : Deep-focus E.q) .

- درع — Shield
منطقة شاسعة من مكاشف صخور ما قبل الكمبرى .

- مخروط درعى ، بركان درعى — Shield Cone, Shield Volcano
بركان تتكون سفوحه من اللابة (ويعرف أيضا باسم Lava Dome, Volcanic Shield)

- سيليكا — Silica
مادة تركيبها SiO_2 وهى منتشرة فى الطبيعة مثل الكوارتز والرمل والأجيت .

- سيليسى — Siliceous
يحتوى على السيليكا أو يختص بها .

- السيلسة — Silicification
عملية الاتحاد بالسيليكا أو التشرب بها .

- مسيلس — Silicified
محل بالسيليكا أو به كمية كبيرة منها .

- جدة موازية ، سد مواز — Sill
صهارة متجمدة تدخلت بين طبقات رسوبية أو راقات صخور متحولة .

- غرين ، طمى — Silt
وحل رسوبى دقيق يتكون من حبيبات متوسطة فى الحجم بين الطين والرمل .

- عصر السيلورى — Silurian
ثالث عصر فى حقب الحياة القديمة .

- بالوعة — Sink, Sinkhole
منخفض فى الأرض (أو قاع المحيط) بسبب هبوط يرجع الى اذابة الصخور السفلية .

- اردواز — Slate
صخر متحول مدمج مكون من رقائق وينفصل بسهولة لصفيحات ، طين صفحى متحول .

— مصاقل سحجية Slickensides
سطوح مصقولة ومخدوشة نتجت عن انزلاق كتلة صخرية على سطح كتلة أخرى ، كما فى حالة مستوى الصدع ·

— هبوط Slump
انزلاق صغير لأسفل لكتلة من الصخر أو التربة ·

— خط الثلج Snow Line
المستوى الذى يتواجد الثلج فوقه خلال العام ·

— تربة Soil
صخر مفتت ومتحلل وبه مواد عضوية دبالية ·

— النظام الشمسى Solar System
الشمس ومجموعة الكوكب التى تدور حولها ·

— انهيار التربة Solifluction
حركة بطيئة ومستمرة للتربة تحدث كثيرا فى المناطق المتجمدة وبالقرب منها ·

— (حيوان) وحيد Solitary
حيوان يعيش مستقلا بنفسه وليس فردا فى مستعمرة ·

— نوع Species
أحد الأقسام الصغيرة فى تصنيف الكائنات ·

— الوزن النوعى Specific Weight
حاصل قسمة وزن الجسم فى الهواء على وزن الماء المساوى له فى الحجم ، ويسمى أيضا « الكثافة النسبية » ·

— اسم النوع Specific Name
الاسم المستخدم لكل نوع ، وهو الاسم الثانى فى الاسمين الخاصين لكل حفرية ·

(انظر : Trivial Name) .

— شبه كروى Spheroidal

— لسان (رملى) Spit
حيد رملى يشبه الاصبع متصل بالشاطىء ويمتد داخل البحر ·

— ينبوع Spring
المكان الذى يخرج منه الماء الجوفى الى سطح الأرض من فتحة طبيعية ·

— عمود Stack
كتلة صخرية لها أسطح منحدرة بقيت واقفة بعد نحر الشاطىء بموج البحر ·

— هابطات ، هوابط Stalactites
رسوبيات مدلاة من سقف المغارة وهى ناتجة من تبخر قطرات من محاليل المياه الجوفية التى ترشح من سقف المغارة ·

— صاعدات ، صواعد Stalagmites
رسوبيات تشبه الأعمدة ناتجة من تبخر قطرات المياه الجوفية بعد سقوطها على قاع المغارة ·

— نجم Star
كتلة ساخنة جدا من غازات متوهجة ، مثل الشمس ·

— قالب داخلى (لحفرية) Steinkern

— جذع (نارى) Stock
جسم نارى مستدير أو بيضاوى

يزيد حجمه مع العمق ولا يظهر له قاع ولا تزيد مساحة سطحه المكشوف عن مائة كيلومتر مربع .

- سدادة (نارية) — Stoping
أحد الأشكال التى يتدخل بها صخر نارى فى الصخور المجاورة اذ تتخذ الصهارة طريقها الى أعلى وفى نفس الوقت تتحطم كتلة من الصخر المجاور وتسقط فى الصهارة التى تهضمها .

- إجهاد — Strain
تغير فى أبعاد جسم مادى استجابة لضغط .

- تطبق — Stratification
وجود طبقات فى الصخور الرسوبية

- علم الطبقات — Stratigraphy
أحد فروع الجيولوجيا الذى يتعلق بالتركيب الصخرى وتتابع وتوزيع ومضاهاة الصخور الطبقية .

- بركان طبقى — Stratovolcano
بركان مخروطى مكون من طبقات متبادلة من اللابة والفتات الحرارى، ويسمى أيضا المخروط المركب .

- طبقة (ج ـ طبقات) — Stratum (Pl. Strata)
وحدة متجانسة من الصخور الرسوبية وهى مختلفة فى اللون والتركيب عن الصخور التى تليها، وللطبقة سطح سفلى وآخر علوى .

- مخدش — Streak
لون المعدن عند سحقه ويعين عند حك المعدن فى قطعة من البلاط القيشانى غير المزجج .

- لوح المخدش — Streak plate
قطعة من الفخار أو « بلاط القيشانى » غير المزجج .

- أسر النهر ، القرصنة النهرية — Stream Capture, Stream Piracy
تحويل الماء من مجرى نهر الى مجرى نهر آخر .

- حزوز — Striations
خطوط دقيقة متوازية ومتقاربة .

- مضرب — Strike
اتجاه الخط المكون من تقاطع سطح طبقة مع المستوى الأفقى، والمضرب عمودى على الميل .

- صدع انزلاق مضربى — Strike-Slip Fault
صدع حدثت الحركة فيه فى اتجاه مضربه .

- الجيولوجيا التركيبية — Structural Geology
دراسة تركيب الأرض، أى العلاقة الشكلية للصخور ببعضها .

- تركيب — Structure
الترتيب العام والوضع النسبى للصخور المشوهة .

- انضواء ، خضوع — Subduction
حركة تؤدى الى نزول لوح ليثوسفيرى تحت لوح آخر .

- نطاق الانضواء — Subduction Zone
حزام طويل ضيق تكون عندما نزل لوح ليثوسفيرى تحت لوح ليثوسفيرى آخر .

- نهر تحت المثلجة
— Subglacial Steam
نهر ينساب فى نفق طبيعى تحت مثلجة ·

- تسامى — Sublimation
تحول الحالة الصلبة الى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة

- هبوط (قشرة الأرض)
— Subsidence

- ماء تحت سطحى ، ماء تحت أرضى
— Subsurface Water Subterranean Water
(انظر : Ground Water) .

- قانون تعاقب الطبقات
— Superposition, Law of
فى أى تعاقب للطبقات لم يتعرض لحركة تكتونية تكون الطبقة الأعلى هى الأحدث ·

- معلق — Suspension
حالة بعض المواد التى يحملها النهر بين السطح والقاع ·

- طية متماثلة
— Symmetrical Fold
طية يكون فيها المستوى المحورى رأسيا وتتساوى زاويتا ميل الجناحين ·

- تماثل — Symmetry
تكرار الملامح عبر محور ، فالتماثل الجانبى هو تكرار متماثل للأجزاء على جانبى مستوى رأسى يمتد من الأمام للخلف ، والتماثل الشعاعى هو تكرار متماثل لأجزاء حول محور رأسى فى وضع ظهر — بطنى ، والتماثل الخماسى هو تماثل مركب فى مجموعات خماسية

- طية مقعرة — Syncline
تقعر أو ثنى طبقات الصخور لأسفل ·

- نظام — System
فى علم الطبقات : الصخور المتكونة خلال عصر جيولوجى ، أو المصطلح الزمنى — الطبقى الأعلى فى الرتبة من « التتابع » وفى علم المعادن : أحد أنظمة التبلور الستة المصنفة حسب قواعد التماثل ·

T

- منضدى — Tabular
له شكل مسطح كبير بالنسبة لسمكه ·

- ركام — Talus
كتلة من فتات الصخور تجمعت عند سفح تل شديد الانحدار أو جرف ·

- بحيرة جبلية — Tarn
بحيرة فى منطقة جبلية تكونت فى منخفض دائرى بعد زوال جليد المثلجة ·

- علم التصنيف — Taxonomy
العلم الذى يتعلق بالتقسيم وذلك بالنسبة للنباتات والحيوانات الحية والمتحفرة ·

- حركات تكتونية
— Tectonic Movements
حركات تؤدى الى تشويه صخور قشرة الأرض ·

ـ فتات حرارى ، تيفرا — Tephra
(انظر : Pyroclastiecs) .

ـ ركام مثلجى طرفى
— Terminal Moraine
الركام المتكون عند نقطة نهاية تقدم الثلجة .
(انظر : End Moraine) .

ـ طرف (البلورة)
— Termination
نهاية البلورة التى تحيط بها الأوجه البلورية ، طرف البلورة غير الملتصق بالصخور .

ـ عصر الثلاثى — Tertiary
العصر الأقدم فى حقب الحياة الحديثة .

ـ صدفة — Test
الغطاء الصلب الذى يحمى الأجزاء اللينة فى بعض أنواع اللافقاريات .

ـ نظام رباعى — Tetragonal
أحد الأنظمة البلورية الستة .

ـ نسيج — Texture
المظهر الفيزيائى للصخر الذى يشمل حجم وشكل وترتيب المعادن التى تكون الصخر .

ـ صدع الدسر — Thrust Fault
(انظر الصدع المعكوس : Reversed Fault) .

ـ حريث جليدى — Till
رسوبيات مثلجة غير طبقية .

ـ حريث صخرى ، تيلليت
— Tillite
صخر مكون من تماسك الحريث الجليدى .

ـ وحدة زمنية — Time Unit
جزء من الزمن الجيولوجى مثل الحقب والعصر والفترة والعهد .

ـ وحدة زمنية صخرية
— Time-rock Unit
(انظر المصطلح التالى) .

ـ وحدة زمنية طبقية
— Time-stratigraphic Unit
مصطلح يطلق على الوحدات الصخرية التى لها حدود تأسست فى زمن جيولوجى ، أو الطبقات التى ترسبت خلال جزء محدد من الزمن الجيولوجى مثل المجموعة الصخرية ، النظام الصخرى ، التتابع الصخرى .. الخ .

ـ معبر ، طمبولو — Tombolo
شريط رملى يربط بين جزيرتين أو بين اليابسة واحدى الجزر .

ـ خريطة طوبوغرافية ، خريطة تضاريس — Topographic Map
خريطة تبين ملامح السطح لمنطقة ما ولا سيما التباين وخطوط الكونتور .

ـ طوبوغرافيا ، تضاريس
— Topography
الملامح الفيزيائية أو الشكل العام لسطح الأرض .

ـ صدع محول
— Transform Fault
صدع انزلاق مضربى (جانبى أو أفقى) يميز الحيود الوسط محيطية وعبره تتوازن الحيود (ربما عن طريق توسع قاع المحيط) .

- نقل — Transportation
عملية حمل المواد الصخرية من منطقة التحات الى منطقة الترسيب.

- مصيدة — Trap
(انظر : Traprock) .

- مصيدة صخرية ، صخر المصيدة — Traprock
تركيب جيولوجى يتميز بقدرته على حجز البترول ومنع تسربه .

- مصاطب صخرية، صخور مصطبية — Traprocks
طبقات من الصخور البركانية مثل البازلت والدوليريت وبعد تعرضها للتحات تتخذ هيئة مصاطب مدرجة .

- الترافرتين — Travertine
شكل من كربونات الكالسيوم التى ترسبت من مياه جوفية أو سطحية وتتكون منه صخور الصاعدات والهابطات ، كما يتكون عند فوهة بعض الينابيع، ويعرف أيضا باسم الطوفة .

- عصر الترياسى — Triassic
أقدم عصر فى حقب الحياة الوسطى

- نظام ثلاثى الميل — Triclinic
أحد الأنظمة البلورية الستة .

- ذو ثلاث الزوايا — Trigonal

- ثلاثى الفصوص ، ترايلوبيت — Trilobite
حيوان مفصلى بحرى منقرض له جسم مبطط ذو حزوز ومغطى بصدفة خارجية ظهرية من مادة قرنية مميزة بثلاثة فصوص .

- الاسم الفرعى — Trivial Name
(انظر الاسم النوعى : Specific Name) .

- تسونامى — Tsunami
موجات زلزالية بحرية هائلة .
(انظر : Seismic Sea Waves) .

- طوفة — Tufa
رسوبيات جيرية مسامية تتجمع حول الينابيع وتسمى أحيانا « ترافرتين » .

- طف — Tuff
صخر ينشأ من تماسك الرماد البركانى .

- تيارات العكر — Turbidity Currents
تيارات قوية تنشأ من انزلاق الوحل على المنحدرات القارية .

- بلورات توامية — Twin Crystals
بلورتان أو أكثر تداخلتا بطريقة خاصة .

- موقع نمطى ، موقع نموذجى — Type Locality
موقع جغرافى تم وصف التكوين الموجود فيه لأول مرة وسمى التكوين باسم هذا الموقع، أو موقع جاءت منه عينة نمطية لاحدى الحفريات .

U

- عدم توافق — Unconformity
انقطاع فى الترسيب بسبب التحات ، أو مكان فى القشرة

الأرضية حدثت فيه حركة تكتونية ثم تحات ثم غمن بالبحر وترسيب طبقات صخرية جديدة :

١ ـ عدم توافق زاوى : حدوث تشوه تركيبى للطبقات التى تحت سطح عدم التوافق قبل ترسب الطبقات الأفقية التى أعلاه ٠

٢ ـ تخالف : عدم توافق بسبب عدم وجود طبقة من زمن جيولوجى معين ٠

٣ ـ تباين طبقى : عدم توافق نشأ من تكوين صخور رسوبية فوق صخر نارى ٠

ـ مياه تحت أرضية — Underground Water
(انظر : Ground Water)

ـ وحيد الخلية — Unicellular

ـ نظرية الوتيرة الواحدة ، نظرية هاتون — Uniformitarianism
الحاضر مفتاح للماضى ، أى أننا يمكننا أن نفسر التاريخ الجيولوجى فى ضوء ما نعرفه عن الحاضر ٠

ـ صخور غير طبقية — Unstratified Rocks

V

وادى — Valley
انخفاض مستطيل فى سطح الأرض يجرى خلاله نهر فى أكثر الأحيان ٠

ـ مثلجة الوادى — Valley Glacier
(انظر : Alpine Glacier) .

ـ حاشية الوادى — Valley Train
سهل فيضى متوسط الانحدار مكون من رسوبيات وضعتها مياه منسابة من قاعدة مثلجة الوادى

ـ مصراع — Valve
قطعة أو أكثر تكون جزءا مهما فى صدفة حيوان من اللافقاريات ٠

ـ صنف — Variety
من أقسام النوع . (قارن : Species) .

ـ رقائق حولية — Varves
طبقات مزدوجة من الرسوبيات (واحدة خشنة والأخرى دقيقة) ترسبت فى بحيرة مثلجية خلال مدة سنة واحدة ٠

ـ عرق — Vein
جسم خامة معدنية يشبه فى تركيبه الوعاء الدموى وله طول وعمق ولكن سمكه صغير ٠

ـ قناة بركانية — Vent
الأنبوبة أو الثقب الرأسى الذى تجرى فيه الصهارة فى وسط المخروط البركانى ٠

ـ حصاة ريحية — Ventifact
حصوة صقلتها الرياح أو غيرت من شكلها ٠

ـ حيوان فقارى — Vertebrate
حيوان توجد داخل جسمه سلسلة فقارية ٠

ـ صخر فجوى — Vesicular Rock
صخر يتميز بوجود فراغات صغيرة عديدة لاحتوائه على غاز متمدد ٠

— تركيب أثرى
— Vestigial Structure
تركيب حدث له نقصان فى الحجم أو الفائدة فى سلسلة التطور ·

— رماد بركانى Volcanic Ash —
حبيبات صخرية دقيقة تنبعث أثناء الثورة البركانية ·

— كتلة بركانية Volcanic Block —
شظية كبيرة ذات زوايا قذفها البركان ·

— قنبلة بركانية
— Volcanic Bomb
كتلة مغزلية من صهارة متجمدة انطلقت أثناء الثورة البركانية ·

— زجاج بركانى Volcanic Glass —
صخر غير متبلور تكون بالتبريد السريع للابة ·

— عنق بركانى Volcanic Neck —
مواد صخرية متجمدة تكونت من تبرد وتصلب الصهارة فى القناة الوسطية للبركان ·

— درع بركانى Volcanic Shield —
(انظر : Shield Volcano) .

— الظاهرة البركانية Volcanism —
التأثيرات الناشئة عن النشاط البركانى ·

— بركان Volcano —
فتحة أو قناة فى قشرة الأرض تخرج منها المواد البركانية، وتشير أيضا الى الشكل الناتج من تجمع المواد البركانية حول قناة بركانية·

— الظاهرة البركانية Vulcanism —
(انظر : Volcanism) .

W

— فرجة الماء Water Gap —
وادى أو ممر فى حيد جبلى ينساب النهر من خلاله ·

— منسوب الماء الجوفى
— Water Table
السطح الذى تحته تمتلىء كل مسام الصخر بالماء ·

— تجوية Weathering —
العوامل الطبيعية التى تؤدى الى تحطم الصخر وتحلله فيزيائيا وكيميائيا فى الظروف الجوية العادية ·

— فرجة الريح Wind Gap —
فرجة الماء التى جفت بسبب تحول مجرى النهر ·

Z

— مقطع لاحق بمعنى « حياة »
— Zoic

الملحق الثالث

ثبت المصطلحات

« عربى ـ انجليزى »

ا

ـ آآ — Aa

ـ اجهاد — Strain

ـ أحادى الميل (بلورات) — Monoclinic

ـ أحجار الهضم — Gastroliths

ـ احلال — Replacement

ـ أخدود — Graben, Rift

ـ اخراج متحجر — Coprolite

ـ أخطبوط — Octopus

ـ أراجونيت (معدن) — Aragonite

ـ ارتداد مرن — Elastic Rebound

ـ اردواز (صخر) — Slate

ـ ازاحة — Drift

ـ ازاحة القارات — Continental Drift

ـ الاستكشاف الجيوفيزيائى — Geophysical Prospecting

ـ الأستينوسفير (نطاق الانسياب) — Asthenosphere

ـ أسر النهر — Stream Capture

ـ اسفينيات القدم — Pelecypods

ـ اسم النوع — Specific (or Trivial) Name

ـ اعادة التبلور — Recrystallisation

ـ أغوار محيطية عميقة — Deep-Sea Trenches

ـ آكلات اللحوم — Carnivores

ـ آكلات النباتات — Herbivores

ـ أكسدة — Oxidation

ـ التحام (تسمنت) — Cementation

ـ أم القارات — Pangaea

ـ آمونيت — Ammonite

ـ اناء الألوان — Paint Pot

ـ انتخاب طبيعي — Natural Selection

ـ انتفاخ — Dilatancy

ـ انثراسيت (فحم) — Anthracite Coal

ـ اندماج (نووى) — Fusion

ـ انزلاق أرضى — Landslide

ـ انزلاق صخرى — Rockslide

ـ انسياب الوحل — Mud Flow

ـ انشطار (نووى) — Fission

— Subduction انضواء

— Solifluction انهيار التربة

— Anhydrite أنهيدريت (معدن)

— Obsidian أوبسيديان (زجاج بركاني)

— Orthoclase أورثوكليز (معدن)

— Ordovician الأوردوفيشي (عصر)

— Oligocene الأوليجوسين (فترة)

— Olivine أوليفين (معدن)

— Eucene الإيوسين (فترة)

ب

— Batholith باثوليث

— Basalt بازلت

— Plateau Basalt بازلت الهضاب

— Sink, Sinkhole بالوعة

— Paleocene الباليوسين (فترة)

— Pangaea بانجيا (قارة ، أرض)

— Artesian Well بئر ارتوازية

— Petroleum بترول (نفط)

— Pterosaur بتيروساور (زاحف مجنح)

— Pegmatite بجماتيت (صخر)

— Marine بحري

— Tarn بحيرة جبلية

— Oxbow Lake بحيرة قوسية (هلالية)

— Barchan برخان

— Blastoids برعميات (حيوان)

— Volcano بركان

— Shield Volcano بركان درعي

— Stratovolcano بركان طبقي

— Mud Volcano بركان الوحل

— Amphibian برمائي (حيوان)

— Pemian البرمي (عصر)

— Mantle البرنس

— Protista البروتيستا (الكائنات الأولية)

— Breccia بريشيا

— Fault Breccia بريشيا صدعية

— Luster بريق (معدني)

— Gastropods بطنقدميات

— Oölitic بطروخي (كبيض السمك)

— Hot Spot بقعة ساخنة

— Plagioclase بلاجيوكليز (معدن)

— Playa بلايا

— Belemnites البلمنايت (السيجاريات)

— Twin Crystals بلورات توأمية

- بلورة — Crystal
- بلورة بارزة — Phenocryst
- البليستوسين (فترة) — Pleistocene
- البليوسين (فترة) — Pliocene
- البنسيلفانى (عصر) — Pennsylvanian
- بؤرة (زلزالية) — Focus
- بوكسيت — Bauxite
- بوليب (حيوان) — Polyp
- بيئة — Environment
- بيت (خشب فحمى) — Peat
- بيتومين (فحم) — Bituminous Coal
- بيريت (معدن) — Pyrite
- البيريدوتيت (صخر) — Peridotite
- بيوتيت (ميكا سوداء) — Biotite

ت

- تباين التضاريس — Relief
- تباين طبقى — Nonconformity
- تبخر — Evaporation
- تبدد الكتل — Mass Wasting
- تتابع — Series
- تجوية — Weathering
- تجوية فيزيائية — Physical Weathering
- تجوية كيميائية — Chemical Weathering
- تجوية ميكانيكية — Mechanical Weathering
- التحات — Erosion
- تحجر ، تصخر — Lithification
- تحلل — Decomposition
- تحول — Metamorphism
- تحول بالتماس — Contact Metamorphism
- تخالف — Disconformity
- تدرج — Gradient
- تذرية — Deflation
- ترافرتين (صخر) — Travertine
- تراكيب متشابهة — Homologous Structures
- ترايلوبيت ، ثلاثى الفصوص — Trilobite
- تربة — Soil
- ترسيب — Deposition, Sedimentation
- تركيب — Structure
- تركيب أثرى — Vesicular Structure
- الترياسى — Triassic
- تسامى — Sublimation
- تسمنت — Cementation
- تسمية — Nomenclature
- تسونامى — Tsunami
- تشقق — Cleavage
- تشوه الصخور — Deformation of Rocks
- تصابى (النهر) — Rejuvenation

— تصحر Mass Wasting —

— تضاريس Topography —

— تضاريس الكارست
Karst Topography —

— تطبق Stratification —

— تطور Evolution —

— تغير فجائى (طفرة)
Mutation —

— تفتت Disintegration —

— تفحم ، تكربن Carbonisation —

— تقشر Exfoliation —

— تقدير العمر Geochronology —

— تقطير Distillation —

— تكتونية الألواح
Plate Tectonics —

— تكوين Formation —

تماثل بلورى
Bilateral Symmetry —

— تماثل جانبى
Bilateral Symmetry —

— تماثل خماسى
Pentamerous Symmetry —

— تماثل شعاعى
Radial Symmetry —

— تماسك Consolidation —

— تمدد Dilatancy —

— تمعدن اضافى
Permineralisation —

— توازن (قشرة الأرض)
Isostacy —

— تورق Foliation —

— توسع قاع البحر
Sea-floor Spreading —

— تيارات الحمل
Convection Currents —

— تيارات العكر
Turbidity Currents —

— تيفرا (فتات حرارى)
Tephra —

— تيلليت (حريث صخرى)
Tillite —

ث

— ثقب Foramen —

— الثلاثى (عصر) Tertiary —

— ثلاثى الزوايا Trigonal —

— ثلاثى الفصوص Trilobites —

— ثلاثى الميل (بلورات)
Triclinic —

— ثلج حبيبى Firn, Névé —

— ثنية (طية) Fold —

ج

— الجابرو (صخر) Gabbro —

— جارنت (معدن) Garnet —

— جانبى Lateral —

— جبال الطى Fold Mountains —

— جبال الكتل
Block Mountains —

— جبل Mountain —

— جبس (معدن) Gypsum —

ـ جلة قاطعة — Dike

ـ جلة موازية — Sill

ـ جذع نارى — Stock

ـ جرابتوليت (خطيات) — Graptolites

ـ الجرانيت (صخر) — Granite

ـ جرف بحرى — Sea Cliff

ـ الجرنتة — Granitisation

ـ الجغرافيا الطبيعية — Physiography

ـ جفاف — Desiccation

ـ الجلد شوكيات — Echinoderms

ـ جلمود — Boulder

ـ جمد (ثلج) حبيبى — Firn, Névé

ـ جنس (ج ٠ أجناس : — Genus (Genera :

ـ جنينى — Embryonic

ـ جهاز رصد الزلازل — Seismograph

ـ الجوراسى (عصر) — Jurassic

ـ جوفمعويات — Coelentrata

ـ جوندوانا (أرض ، قارة) — Gondwanaland

ـ جونياتيت (رأسقدميات) — Goniatite

ـ جوهرة — Gem

ـ جيرى — Calcareous

ـ جيزيريت (مرجليت) — Geyserite

ـ جينة — Gene

ـ جيود (ترجيل صخرى) — Geode

ـ جيوسينكلين — Geosyncline

ـ الجيولوجيا التاريخية — Historical Geology

ـ الجيولوجيا التركيبية — Structural Geology

ـ الجيولوجيا الفلكية — Astrogeology

ـ الجيولوجيا الفيزيائية — Physical Geology

ح

ـ الحائط الأساسى — Footwall

ـ الحائط المعلق — Hanging Wall

ـ حاشية الوادى — Valley Train

ـ حافة حادة — Arête

ـ حجر جيرى — Limestone

ـ حجر رملى — Sandstone

ـ حجر السماق — Porphyry

ـ حجر الصدف — Coquina

ـ حجر كريم — Gemstone

ـ حدود الألواح المتباعدة — Divergent Plate Boundaries

ـ حدود الألواح المتقاربة — Convergent Plate Boundaries

ـ الحرذون السمكى — Ichthyosaur

ـ حركات أرضية — Diastrophism

ـ حركات تكتونية — Tectonic Movements

- حركة بانية للجبال — Orogeny
- حركة الكتل — Mass Movement
- حريث (ركام) جليدى — Till
- حريث صخرى — Tiliite
- حريث مثلجى — Moraine
- حزازيات (طحالب) — Bryozoa
- حزوز — Striations
- حصاة ريحية — Ventifact
- حصى بركانى — Lapilli
- حفرة وعائية — Pothole
- حفريات — Fossils
- حفريات دقيقة — Microfossils
- حفريات زائفة — Pseudofossils
- حفريات كبيرة — Macrofossils, Megafossils
- حفرية مرشدة (دليلية) — Guide (or Index) Fossil
- حقب — Era
- حقب طلائع الحياة(أو البروتيروزوى) — Proterozoic
- حقب الحياة الحديثة — Cenozoic
- حقب الحياة القديمة — Paleozoic
- حقب الحياة الوسطى — Mesozoic
- الحقب العتيق — Archeozoic
- حقب ما قبل الكمبرى — Precambrian
- حمل — Convection
- حمولة — Load
- حيد مثلجى — Arête
- حيد وسط محيطى — Mid-oceanic Ridge
- حيوان وحيد — Solitary

خ

- خامة معدنية — Ore
- خشب فحمى ، خث — Peat
- خريطة تضاريس — Topographic Map
- خريطة جيولوجية — Geologic Map
- خط الثلج — Snow Line
- خط الصدع — Fault Line
- خط كونتورى — Contour Line
- خط المفصلة (حفريات) — Hinge Line
- خط موهو — Mohorovicic Discontinuity
- خطاف — Hook
- خفى التبلور — Cryptocrystalline
- خلية الحمل — Convection Cell
- خندق — Graben

د

- داخنات — Fumaroles
- درب التبانة — Milky Way
- درع — Shield

- درع بركانى — Volcanic Shield
- درقة — Exoskeleton
- درنات صخرية — Concretions, Nodules
- دروملين — Drumlin
- دقيق التبلور — Aphanitic
- دلتا — Delta
- دمج — Compaction
- دورة هيدرولوجية — Hydrologic Cycle
- دولوميت — Dolomite
- دياتوميت — Diatomite
- الديفونى (عصر) — Devonian
- ديناصورات (سحالى عملاقة) — Dinosaurs

ذ

- ذو زاويتين — Diagonal

ر

- راسب — Deposit, Sediment
- راسب نهرى — Fluvial Deposit
- رأسقدميات — Cephalopoda
- الرباعى (عصر) — Quaternary
- الرباعى (بلورات) — Tetragonal
- رخام — Marble
- رصيص — Conglomerate
- الرف القارى — Continental Shelf
- رقائق حولية
- ركام — Talus
- ركام مثلجى — Moraine
- ركام مثلجى تراجعى — Recessional Moraine
- ركام مثلجى جانبى — Lateral Moraine
- ركام مثلجى طرفى (أو نهائى) — Terminal (or End) Moraine
- ركام مثلجى وسطى — Medial Moraine
- رماد بركانى — Volcanic Ash
- رمل — Sand
- رملى — Arenaceous, Sandy
- رواسب البحيرات — Lacustrine Deposite
- رواسب معدنية — Mineral Deposites
- ريحى — Aeolian
- ريوليت (صخر) — Rhyolite

ز

- زاحف مجنح — Pterosaur
- زاوية الغطس — Pitch
- زجاج بركانى — Volcanic Glass, Obsidian
- زحف — Creep
- زلزال — Earthquake
- زلزال سابق — Foreshock
- زلزال ضحل البؤرة — Shallow-focus Earthquake

ـ زلزال عميق البؤرة
— Deep-focus Earthquake
ـ زلزال لاحق Aftershock
ـ زمن ما قبل التاريخ
— Prehistoric Time

س

ـ الستار — Mantle
ـ سحالى عملاقة — Dinosaurs
ـ سحج — Abrasion
ـ سحنة — Facies
ـ سحنة رسوبية
— Sedimentary Facies
ـ سد موازى — Sill
ـ سدادة ملحية — Salt Plug
ـ سدادة نارية — Stoping
ـ سداسى — Hexagonal
ـ سداسى الأوجه — Cube
ـ سديم — Nebula
ـ سرئى (بطروخى) — Oölitic
ـ سطح التماس — Contact
ـ سهب — Peneplain
ـ سهل — Plain
ـ سهل شاطئى — Coastal Plain
ـ سهل فيضى — Flood Plain
ـ سهول الاكتساح
— Ourtwash Plains
ـ السيجاريات — Belemnites
ـ سيراتيت — Ceratite
ـ السيزموجراف — Seismograph
ـ السيزموجرام — Seismogram
ـ سيف حاجزى — Barrier Beach
ـ سيلسة — Silicification
ـ السيلورى (عصر) — Silurian
ـ سيليسى — Siliceous
ـ سيليكا — Silica

ش

ـ شبه كروى — Spheroidal
ـ شجرى (مثل الشجرة)
— Dendritic
ـ شحنة — Load
ـ شدة (الزلزال) — Intensity
ـ شعاب — Reef
ـ شعب (بكسر فسكون) — Col
ـ شقوق جليدية — Crevasses
ـ شكل زائف — Pseudomorph
ـ شكل مجسم — Block Diagram
ـ شيرت (صوان) — Chert
ـ شيست (صخر) — Schist

ص

ـ صاعدات ، صواعد
— Stalagmites
ـ صبة (أو قالب) — Cast
ـ صبغية — Chromosome
ـ صخر — Rock
ـ صخر الأديم — Bedrock
ـ صخر بورفيرى — Porphyry

— صخر جوفى Plutonic Rock —
— صخر الدثار Mantle Rock —
— صخر فجوى Vesicular Rock —
— صخر فتاتى Clastic (Detrital) Rock —
— صخور الحقب Erathem —
— صخور حمضية Acidic Rocks —
— صخور رسوبية Sedimentary Rocks —
— صخور طفحية Extrusive Rocks —
— صخور غير طبقية Unstratified Rocks —
— صخور قاعدية Basic Rocks —
— صخور متحولة Metamorphic Rocks —
— صخور متدخلة Intrustive Rocks —
— صخور نارية Igneous Rocks —
— صدع Fault —
— صدع انزلاق مضربى Strike-slip Fault —
— صدع الجاذبية (أو الصدع العادى) Gravity (or Normal) Fault —
— صدع الدسر (أو الصدع المعكوس) Thrust (or Reverse) Fault —
— صدع محول Transform Fault —
— صدفة Exoskeleton, Test —
— صلادة Hardness —
— صنف Variety —
— صهارة Magma —

— صوان Chert, Flint —

ض

— ضال Erratic —
— ضلوع Eskers —

ط

— طائفة Class —
— طاقة حرارة الأرض Geothermal Energy —
— طباشير Chalk —
— الطباشيرى (عصر) Cretaceous —
— طبقات حمراء Red Beds —
— طبقة Stratum, Layer, Bed —
— طرف البلورة Termination —
— طف (راسب) Tuff —
— طفرة Mutation —
— طفلة صفحية ، طين صفحى Shale —
— طفلة صفحية زيتية Oil Shale —
— طمبولو (معبر) Tombolo —
— طمى Alluvium, Silt —
— طوبوغرافيا (تضاريس) Topography —
— طوفة (راسب) Tufa —
— طولى Longitudinal —
— طينى Argillaceous, Clayey —
— طية (ثنية) Fold —

ـ طية غير متماثلة — Asymmetrical Fold
ـ طية متماثلة — Symmetrical Fold
ـ طية محدبة — Anticline
ـ طية محدبة هائلة — Geanticline
ـ طية مقعرة — Syncline
ـ طية نائمة — Recumbent Fold

ظ

ـ ظاهرة الاشعاع — Radioactivity
ـ الظاهرة البركانية — Volcanism, Vulcanism

ع

ـ عتيق — Archeo-
ـ عداد جيجر — Geiger Counter
ـ عدم توافق — Unconformity
ـ عدم توافق زاوى — Angular Unconformity
ـ عديد الخلايا — Multicellular
ـ عديد الزوايا — Polygonal
ـ عرق معدنى — Lode, Vein
ـ عصر — Period, Age
ـ عصر الجليد (فترة) — Ice Age, Pleistocene
ـ العصر الحديث (فترة) — Recent, Holocene
ـ عضو (حيوان) — Organ
ـ عضوى — Organic

ـ علامات الثيم — Ripple Marks
ـ علم (جبل منعزل) — Monadnock
ـ علم الأجنة — Embryology
ـ علم الأحجار الكريمة — Gemology
ـ علم الارصاد الجوية — Meteorology
ـ علم البحار — Oceanography
ـ علم البيئة القديمة — Paleoecology
ـ علم التصنيف — Taxonomy
ـ علم الجغرافيا القديمة — Paleogeography
ـ علم الحفريات — Paleontology
ـ علم شكل الأرض — Geomorphology
ـ علم دراسة الشكل الخارجى — Morphology
ـ علم الزلازل — Seismology
ـ علم الصخور — Petrology
ـ علم الطبقات — Stratigraphy
ـ علم المعادن — Mineralogy
ـ علم المغناطيسية القديمة — Paleomagnetism
ـ علم الوراثة — Genetics
ـ علم وصف الأحجار — Lithology
ـ علم وصف الصخور — Petrography
ـ علو — Altitude
ـ عمدانى (تركيب) — Columnar

ـ العمر الجيولوجى — Geologic Age
ـ عمود — Stack
ـ عنق بركانى — Volcanic Neck

غ

ـ غاز طبيعى — Natural Gas
ـ غدير — Intermittent Stream
ـ غرين ، طمى — Silt
ـ غطاء جليدى — Ice Cap
ـ الغلاف الجوى — Atmosphere
ـ الغلاف الحيوى — Biosphere
ـ الغلاف الصخرى — Lithosphere
ـ الغلاف المائى — Hydrosphere
ـ غير متماثل — Asymmetrical
ـ غير متبلور — Amorphous

ف

ـ فاصل — Joint
ـ فالق (صدع) — Fault
ـ فتات حرارى — Pyroclastics, Tephra
ـ فتاتى — Detrital, Fragmental
ـ فتحة — Aperature, Opening, Foramen
ـ فتحة العنق — Pedicle Foramen
ـ فترة — Epoch
ـ فترة كونتورية — Contour Interval
ـ فحم انثراسيتى — Anthracite Coal
ـ فحم بيتومينى — Bituminous Coal
ـ فحمى — Carbonaceous
ـ فرجة الريح — Wind Gap
ـ فرجة الماء — Water Gap
ـ الفقاريات — Vertebrates
ـ فلسبار (معدن) — Feldspar
ـ فلورة — Flora
ـ فوارة — Geyser
ـ فورامينيفرا ، مثقبات — Formineferа
ـ فوسفاتى — Phosphatic
ـ فونة — Fauna
ـ فوهة بركانية — Crater
ـ فيورد — Fiord

ق

ـ قاطع — Dike
ـ قالب — Cast, Steinkern
ـ قانون تعاقب الطبقات — Law of Superposition
ـ قانون التقاطع — Law of Cross-cutting Relationships
ـ قبة — Dome
ـ قبيلة — Phylum
ـ قدر (المثالج) — Kettle

- قرصنة نهرية Stream Piracy —
- القشرة (الأرضية) Crust —
- قطاع راسى Columnar Section —
- قعيرة عظمى Geosyncline —
- قلنسوة جليدية Ice Cap —
- قمر Moon, Satellite —
- قنافذ بحرية Echinoids —
- قناة بركانية Vent —
- قنبلة بركانية Volcanic Bomb —
- قواقع Gastropods —

ك

- كائن حى Organism —
- الكائنات الأولية Protista —
- كاس Calyx —
- كالديرا Caldera —
- كالسيت Calcite —
- كامة Kame —
- كاولين Kaolin —
- كتلة بركانية Volcanic Block —
- كتلة متدخلة Intrusion —
- كثيب (ج· كثبان) : Dune (Dunes —
- كثيب رملى Sand Dune —
- كربونات Carbonate —
- كربونى Carbonaceous —
- الكربونى (عصر) Carboniferous —
- كروموسوم (صبغية) Chromosome —
- كسر Fracture —
- كلابة Hook —
- كلوريت (معدن) Chlorite —
- الكمبرى (عصر) Cambrian —
- كوارتز (مرو) Quartz —
- كوارتزيت (صخر) Quartzite —
- كوكب Planet —
- كهرمان Amber —
- كونجلوميرات (رصيص) Conglomerate —
- كونودونت Conodont —
- كولة (شعب) Col —
- كويكب Asteroid, Planetoid —
- كيتين Chitin —
- كيتينى Chitinous —
- كيستيات Cystoids —

ل

- لابة Lava —
- لابة الباهوهو Pahoehoe —
- لابة كتلية ، آآ Aà —
- لاتيريت Laterite —
- اللافقاريات Invertebrates —
- لاكوليث Laccolith —
- لب (الأرض) Core —
- لسان (رملى) Spit —
- لوح (فى القشرة الأرضية) Plate —
- لوح المخدش Streak Plate —

ـ لوراسيا (أرض ، قارة)
— Laurasia

ـ لوزية (مصغر لوزة)
— Lithosphere

ـ اللويس — Loess

ـ الليثوسفير (الغلاف الصخرى)
— Lithosphere

ـ ليجنيت (فحم) — Lignite

ـ ليمونيت (معدن) — Limonite

م

ـ ماء مقرون — Connate Water

ـ ماء منطلق — Runoff

ـ ماء نصف مالح — Brackish

ـ ما بين الحبيبات — Groundmass

ـ مادة لاحمة — Cement, Matrix

ـ ماس — Diamond

ـ متبخرات — Evaporites

ـ متبلور — Crystalline

ـ متحد المركز — Concentric

ـ متساوى الأبعاد — Isometric

ـ متساوى الزلزلة — Isoseismal

ـ متعلق بالأصل — Genetic

ـ مثقبات ، منخربات
— Foraminefera

ـ مثلجة — Glacier

ـ مثلجة ألبية — Alpine Glacier

ـ مثلجة الجبل
— Mountain Glacier

ـ مثلجة السفح
— Piedmont Glacier

ـ مثلجة صخرية — Rock Glacier

ـ مثلجة الوادى — Valley Glacier

ـ مجرة — Galaxy

ـ محار — Pelecypods

ـ محارى (مكسر) — Conchoidal

ـ محتو على حفريات
— Fossiliferous

ـ محكم ، مدمج — Compact

ـ محور — Axis

ـ محور الطية — Axis of Fold

ـ مخدش التعدن — Streak

ـ مخروط درعى — Shield Cone

ـ مخروط الرماد البركانى
— Cinder Cone

ـ مخروط اللابة — Lava Dome

ـ مخروط مركب
— Composite Cone

ـ المخروطيات — Conifers

ـ مدمج — Compact

ـ المدى الجيولوجى
— Geologic Range

ـ مرجان — Coral

ـ مرجل طبيعى — Geyser

ـ مرجيليت — Geyserite

ـ مرو — Quartz

ـ مروحة طمية — Alluvial Fan

ـ مسامى — Porous

ـ مسامية — Porosity

ـ المستوى الأدنى — Base Level

- مستوى التطابق — Bedding Plane
- مستوى الصدع — Fault Plane
- مستعمرة — Colony
- المسرجيات — Brachiopoda
- مسكوفيت (ميكا بيضاء) — Muscovite
- المسيسيبى (عصر) — Mississipian
- مصادر طبيعية — Natural Resources
- مصاقل سحجية — Slickensides
- مصب نهرى — Estuary
- مصراع الصدفة — Valve
- مصنوعات يدوية — Artifacts
- مصيدة صخرية ، مصطبة صخرية — Traprock
- مضاهاة — Correlation
- مضرب (الطبقة) — Strike
- المعادن المكونة للصخور — Rock-forming Minerals
- معبر — Tombolo
- معدن — Mineral
- معدن غث — Gangue Mineral
- معلق — Suspension
- معينى قائم (بلورات) — Orthorhombic
- مغارة بحرية — Sea Cave
- مفترس — Predator
- مفصلى — Articulated
- مقدار (الزلزال) — Magnitude
- مقسم — Divide
- مقطع — Dissected
- مقياس الزمن الجيولوجى — Geologic Time Scale
- مقياس الصلادة ، مقياس موهز — Hardness (Mohs) Scale
- مكتنفات — Inclusions
- مكشف — Exposure, Outcrop
- مكعب (بلورات) — Cubic
- مكسر (المعدن) — Fracture
- مكمن مياه جوفية — Aquifer
- ملاءة جليدية — Ice Sheet
- ملاط — Cement
- ملح — Salt
- الملح الصخرى — Rock Salt
- منجرفات — Drift
- المنحدر القارى — Continental Slope
- منحدر صدعى — Fault Scrap
- منخفض ريحى — Blowout
- منخفض مثلجى — Cirque
- منسوب الماء الجوفى — Water Table
- منضدى — Tabular
- منطقة انقطاع موهوروفيسيك (خط موهو) — Mohorovicic Discontinuity
- منعطفات نهرية — Meanders
- منفذ — Permeable
- موجات بحرية زلزالية — Seismic Sea Waves

ـ موقع نمطي ، موقع نموذجي
— Type Locality

ـ مياه أرضية (جوفية)
— Ground Water

ـ مياه تحت سطحية
— Subsurface (subterranean) Water

ـ مياه جوية — Meteoric Water

ـ ميكا (معدن) — Mica

ـ ميكا بيضاء — Muscovite

ـ ميكا سوداء — Biotite

ـ ميل (الطبقة) — Dip

ـ ميل القاع — Gradient

ـ الميوسين (فترة) — Miocene

ن

ـ نايس (صخر) — Gneiss

ـ نتق — Horst

ـ نجم — Star

ـ نرجيل صخرى — Geode

ـ نزوح — Drift

ـ نزوح القارات
— Continental Drift

ـ نسيج — Texture

ـ نسيج جرانيتى
— Granitic Texture

ـ نسيج حبيبى
— Granular Texture

ـ نطاق « بنيوف »
— Benioff Zone

ـ نطاق الخسف
— Graben, Rift Zone

ـ نطاق الانسياب
— Asthenosphere

ـ نطاق الانضواء
— Subduction zone

ـ نظائر — Isotopes

ـ نظام — System

ـ النظام الشمسى — Solar Sysyem

ـ نظرية الوتيرة الواحدة (قاعدة هاتون) — Uniformitarianism

ـ نفط — Petroleum

ـ نقطة ساخنة — Hot Spot

ـ النقطة فوق المركز — Epicenter

ـ نقل — Transportation

ـ نهر تحت المثلجة
— Subglacial Stream

ـ نهر متقطع
— Intermittent Stream

ـ نواة — Core

ـ نوع (حيوانى) — Species

هـ

ـ هابطات ، هوابط — Stalactites

ـ هاليت ، الملح الصخرى
— Halite

ـ هبوط — Slump, Subsidence

ـ هجرة القطبين
— Polar Migration, Polar Wandering

ـ هضبة — Plateau

ـ هضبة اللابة — Lave Plateau

ـ هورست (نتق) — Horst

ـ هورنبلند (معدن)
— Hornblende

ـ هيئة البلورة — Crystal Habit

ـ هيدروكربون — Hydrocarbon

ـ هيكل خارجي — Exoskeleton

ـ هيكل داخلي — Endoskeleton

ـ هيماتيت (معدن) — Hematite

و

ـ وادي — Valley

ـ وادي الخسف — Rift Valley

ـ وجه بلوري — Crystal Face

ـ وحدات صخرية — Rock Units

ـ وحدات زمنية — Time Units

ـ وحدات زمنية صخرية
— Time-rock Units

ـ وحدات زمنية طبقية
— Time-stratigraphic Units

ـ وحيد الخلية — Unicellular

ـ ورقي — Foliated

ـ الوزن النوعي
— Specific Weight

ـ الوشاح — Mantle

ـ وضع (الطبقة) — Attitude

ـ وقود حفري — Fossil Fuils

ى

ـ ينبوع — Spring

ـ ينبوع حار — Hot Spring

قائمة ببعض المراجع المختارة

(وهى تشمل بعض المراجع العربية الحديثة وبعضا من أهم وأحدث المراجع الأجنبية) ٠

اولا المراجع العربية :

- حسن (محمد يوسف) وآخرون : أساسيات علم الجيولوجيا ٠
  دار نشر « وايلى » ١٩٨٤ ، ومركز الكتاب الأردنى بعمان ١٩٩٠٠

- عوض الله (محمد فتحى) : محاضرات فى الجيولوجيا ٠
  دار المعارف بالقاهرة ١٩٨١ ٠

- فوستر (ر٠ج٠) : الجيولوجيا العامة ترجمة د٠ عبد القادر عابد وآخـــرين ٠
  منشورات مجمع اللغة العربية فى الأردن بعمان ١٩٨٠ ٠

- موريه (ليـــون) : الوجيز فى الجيولوجيـــا ترجمـــة د ٠ يوسف خورى ، د ٠ عبد الرحمن حميدة ٠
  دار طلاس بدمشق ١٩٨٧ ٠

ثانيا المراجع الأجنبية :

— Allisson, I. S. and Palmer, D.F. : Geology, the Science of a Changing Earth, 7th ed, Mc Graw Hill, New York (1980).

— Bates, R. E. and Jackson, J.A. : Glossary of Geology, 2nd ed. American Geological Institute, Virginia 22041 (1980).

— Bolt, B.A. : Earthquakes and Volcanoes, Freeman & Co., San Francisco (1980).

— Eicher, D.N. and McAlester, A.L., History of the Earth, Prentice Hall, New Jersy (I980).

— Fodor, R.V. : Earth in Moting, the Concept of Plate Tectonics, Morrow & Co., New York (1978).

— Foster, R. J. : Geology, 4th ed. Merrill, Columbus, Ohio (1980).

— Hamilton, W. R. and Others : The Larousse Guide to Minerals, Rocks and Fossils, Larousse & Co., Ne York (1977).

— Kesler, S. E. : Our Finite Mineral Resources, Mc Graw Hill, New York, (1976).

— Lane, N.G. : Life of the Past, Merrill, Columbus, Ohio (1978).

— Lapedes, D.N. : Mc Graw Hill Encyclopedia of the Geological Sciences, Mc Graw Hill, New York (1978).

— Laporte, L. F. : Evolution and the Fossil, Record, Freeman San Francisco (1978).

— Mallory, B.F. and Cargo, D. N. : Physical Geology, McGraw Hill, New York (1979).

— Pough, F. H. : A Field Guide to Rocks and Minerals, 4th ed. Houghton Mifflin, Boston (1976).

— Skinner, B.J. : Earth Resources, 2nd ed. Prentice Hall, New Jersy (1976).

اقـرأ فى هـذه السـلسلة

احلام الاعلام وقصص اخرى	برتراند رسـل
الالكترونيات والحياة الحديثة	ى · رادونسكايا
نقطـة مقابل نقطـة	الدس هكسلى
الجغرافيا فى مائة عـام	ت · و · فريمـان
الثقـافة والمجتمـع	رايموند وليامز
تاريخ العلم والتكنولوجيا (٢ ج)	ر · ج · فوربس
الأرض الغـامضة	ليسـترديل راى
الرواية الانجليـزية	والتـر الـن
المرشد الى فن المسرح	لويس فارجـاس
آلهـة مصر	فرانسوا دوماس
الانسان المصرى على الشـاشة	د · قدرى حفنى وآخرون
القاهرة مدينة الف ليلة وليلة	اولج فولكف
الهوية القومية فى السينما العربية	هاشـم النحـاس
مجمـوعات النقـود	ديفيد وليام ماكدوال
الموسيقى ـ تعبير نغمى ـ ومنطق	عزيز الشـوان
عصر الرواية ـ مقال فى النوع الادبى	د· محسن جاسم الموسوى
ديـلان تومـاس	اشراف س · بى · كوكس
الانسان ذلك الكائن الفريد	جـون لويس
الرواية الحـديثة	جول ويست
المسرح المصرى المعـاصر	د· عبد المعطى شعراوى
على محمـود طـه	انـور المعـداوى
القـوة النفسـية للاهرام	بيل شول وادنبيت
فـن الترجمـة	د · صـفاء خـلوصى
تولسـتوى	رالف ئى ماتـلو
ستنال	فيكتور برومبير

رسائل واحاديث من المنفى	فيكتور هوجـو
الجزء والكل (محاورات فى مضمار الفيـزياء الذرية)	فيرنر هيزنبرج
التراث الغامض ماركس والماركسيون	سدنى هوك
فن الأدب الروائى عند تولستوى	ف ٠ ع ٠ ادنيكوف
ادب الأطفـال	هادى نعمان الهيتى
احمد حسن الزيات	د ٠ نعمة رحيم العزاوى
اعلام العرب فى الكيميـاء	د ٠ فاضل احمد الطائى
فكرة المسرح	جلال المشرى
الجحيـم	هنرى باربوس
صنع القرار السياسى	السـيد عليـوة
التطور الحضارى للانسان	جاكوب برونوفسكى
هل نستطيع تعليم الأخلاق للأطفال ؟	د ٠ روجـر ستروجان
تربيـة الدواجـن	كـاتى ثيـر
الموتى وعالمهم فى مصر القديمة	ا ٠ سـبنسر
النحـل والطب	د ٠ ناعوم بيتروفيتش
سبع معارك فاصلة فى العصور الوسطى	جـوزيف داهمـوس
سياسة الولايات المتحدة الأمريكية ازاء مصر ١٨٣٠ ـ ١٩١٤	د ٠ لينوار تشامبرز رايت
كيف تعيش ٣٦٥ يوما فى السنة	د ٠ جـون شـندلر
الصـحافة	بييـر البيـر
اثر الكوميديا الالهية لدانتى فى الفن التشـكيلى	الدكتور غبريال وهبة
الأدب الروسى قبل الثورة البلشفية وبعـدها	د ٠ رمسيس عـوض
حركة عدم الانحياز فى عالم متغير	د٠ محمد نعمان جلال
الفكر الأوربى الحديث (٤ ج)	فرانكلين ل ٠ باومر
الفن التشكيلى المعاصر فى الوطن العربى ١٩٨٥ ـ ١٨٨٥	شوكت الربيعى
التنشئة الأسرية والأبناء الصغار	د٠ محيى الدين احمد حسين

نظريات الفيلم الكبرى	تاليف : ج • دادلى أندرو
مختارات من الأدب القصصى	جوزيف كونراد
الحياة فى الكون كيف نشأت واين توجد ؟	د• جوهان دورشز
حـــرب الفضـــاء	طائفة من العلماء الأمريكيين
ادارة الصراعات الدوليـة	د • السـيد عليـوة
الميكروكمبيـــوتر	د • مصطفى عنـــانى
مختارات من الأدب اليابانى	صـــبرى الفضـــل
الفكر الأوربى الحديث ٢ ج	فرانكلين ل • باومر
تاريخ ملكية الأراضى فى مصر الحديثة	جابرييـــل بايـر
اعلام الفلسفة السياسية المعاصرة	انطـونى دى كرسبنى
كتـابة السـيناريو للسينما	دوايت ســوين
الزمن وقيـــاسه	زافيلســكى ف • س
أجهـزة تكييف الهـــواء	ابراهيم القرضـاوى
الخدمة الاجتماعية والانضباط الاجتماعى	بيتر راى
سبعة مؤرخين فى العصور الوسطى	جـوزيف داهموس
التجـــربة اليـــونانية	س • م بـورا
مراكز الصناعة فى مصر الاسـلامية	د• عاصم محمد رزق
العـلم والطـلاب والمـدارس	رونالد د • سمبسـون • ونورمان د• اندرسون
الشـارع المصرى والفـكر	د• انور عبـد الملك
حوار حول التنمية الاقتصادية	ولت وتيمان روستو
تبسيط الكيمياء	فريد • س • هيس
العـادات والتقاليد المصرية	جون يوركهـارت
التـــذوق السـينمائى	آلان كاسبيار
التخطيط السـياحى	سامى عبد المعطى
البـــذور الكونيـة	فريد هـــويل
دراما الشاشة (٢ ج)	حسين حلمى المهندس
الهيـرويين والايـدز	روى روبرتسـون
صـــور افريقيـــة	دوركاس ماكلينتوك
نجيب محفوظ على الشاشة	هاشم النحاس

الكمبيوتر فى مجالات الحياة	د٠ محمود سرى طـه
المخدرات حقائق اجتماعية ونفسية	بيتـر لـورى
وظائف الأعضاء من الألف الى الياء	بوريس فيدوروفيتش سيرجيف
الهنـدسة الوراثيـة	ويليام بينز
تربية اسماك الزينـة	ديفيـد الدرتون
كتب غيرت الفكر الانسانى (٣ ج)	أحمد محمد الشنوانى
الفلسفة وقضايا العصر (٣ ج)	جمعهـا : جون ر ٠ بورر وملتون جولدينجر
الفكر التاريخى عنـد الاغريق	ارنولد توينبى
قضايا الفن التشكيلى	د ٠ صـالح رضـا
التغذية فى البلدان النامية	م٠د ٠ كنج وآخـرون
بداية بلا نهـاية	جـورج جاموف
الحرف والصناعات فى مصر الاسلامية	د٠ السيد طه أبو سديرة
حـوار حـول النظـامين الرئيسيين للكـون	جاليليـو جاليليـه
الارهـاب	اريك موريس وآلان هـو
اخنـاتون	سـيريل الدريد
القبيلة الثالثة عشرة	آرثر كيسـتلر
الأساطير الاغريقية والرومانية	احمد رضا
التـوافق النفسى	توماس ٦ ٠ هاريس
الدليل الببليوجرافى	مجموعة من الباحثين
لغـة الصـورة	روى أرمـز
الثورة الاصلاحية فى اليابان	ناجـاى متشـيو
العـالم الثـالث غـدا	بول هاريسون
الانقـراض الكبيـر	ميخائيل ألبى ، جيمس لفلوك
تاريـخ النقود	فيكتـور مورجان
التحليل والتوزيع الأوركسـترالى	اعداد محمد كمال اسماعيل
الشاهنامة (٢ ج)	الفردوسى الطـوسى
الحيـاة الكريمـة (٢ ج)	بيرتون بورتر
قيـام الدولة العثمانية	محمد فؤاد ، كوبريلى

عن النقد السينمائى الأمريكى	ادوارد ميرى
ترانيم زرادشت	اختيار / د٠ فيليب عطية
السينما العربيـة	اعداد / مونى براج وآخرون
دليل تنظيم المتـاحف	آدامز فيليب
سقوط المطر وقصص اخـرى	نادين جورديمر وآخرون
جماليـات فن الاخراج	زيجمونت هبنر
التاريخ من شتى جوانبه (٣ ج)	ستيفن اوزمنت
الحملة الصليبية الأولى	جوناثان ريلى سميث
التمثيل للسينما والتليفزيون	تونى بار
العثمانيون فى اوربا	بول كولز
صناع الخلود	موريس بيربراير
الكنائس القبطية القديمة فى مصر (٢ ج)	الفريد ج٠ بتلر
رحلات فارتيما	الحاج يونس المصرى
انهم يصنعون البشر ٢ ج	فانس بكارد
فى النقد السينمائى الفرنسى	اختيار / د٠ رفيق الصبان
الحياة الكريمة	بيرتون بورتر
السينما الخيالية	بيتر نيكوللز
السلطة والفرد	برتراند راصل
الأزهر فى الف عام	بينارد دودج
رواد الفلسفة الحديثة	ريتشارد شاخت
سفر نامه	ناصر خسرو علوى
مصر الرومانيـة	نفتالى لويس
كتابة التاريخ فى مصر القرن التاسع عشر	جاك كرابس جونيور
الاتصال والهيمنة الثقافية	هربرت شيلر
مختارات من الآداب الآسيوية	اختيار / صبرى الفضل

الكاتب الحديث وعالمه ٢ ج	ج٠س٠فريزر
كتب غيرت الفكر الانسانى (٣ ج)	احمد محمد الشنوانى
الشموس المتفجرة	اسحق عظيموف
مدخل الى علم اللغة	لورتيو تود
حديث النهر	اعداد / سوريال عبد الملك
من هم التتار	د٠ ابرار كريم الله
ماستريخت	اعداد / جابر محمد الجزار
معالم تاريخ الانسانية ٤ ج	هـ٠ج٠ ولز
الحملات الصليبية	ستيفن رانسيمان
حضارة الاسلام	جوستاف جرونيباوم
رحلة بيرتون ٣ ج	ريتشارد ف٠ بيرتون
الحضارة الاسلامية	آدم متز
الطفل ٢ ج	أرنولد جزل
افريقيا الطريق الآخر	بادى اونيمود
السحر والعلم والدين	برنسلا ومالينوفسكى
الكون ٠ ذلك المجهول	جلال عبد الفتاح
تكنولوجيا فن الزجاج	محمد زينهم
حرب المستقبل	مارتن فان كريفلد
الفلسفة الجوهرية	سوندارى
الاعلام التطبيقى	فرانسيس ج٠ برجين

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الايداع بدار الكتب ٣٩٨٦ / ١٩٩٥

ISBN — 977 — 01 — 4352 — 9